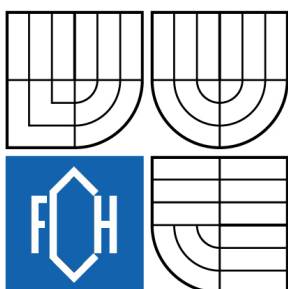




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA CHEMICKÁ
ÚSTAV FYZIKÁLNÍ A SPOTŘEBNÍ CHEMIE
FACULTY OF CHEMISTRY
INSTITUTE OF PHYSICAL AND APPLIED CHEMISTRY

URYCHLENÉ STÁRNUTÍ INKOUSTOVÉHO TISKU

ACCELERATED AGEING OF INK-JET PRINTOUTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

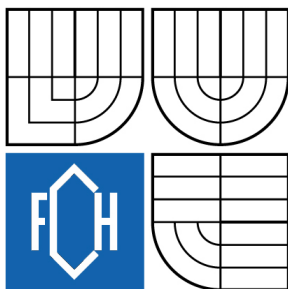
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

SILVIA KÁČEROVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. MICHAL VESELÝ, CSc.

BRNO 2008



Vysoké učení technické v Brně
Fakulta chemická
Purkyňova 464/118, 61200 Brno 12

Zadání bakalářské práce

Číslo bakalářské práce

FCH-BAK0170/2007

Akademický rok: **2007/2008**

Ústav

Ústav fyzikální a spotřební chemie

Student(ka)

Káčerová Silvia

Studijní program

Chemie a chemické technologie (B2801)

Studijní obor

Spotřební chemie (2806R002)

Vedoucí bakalářské práce

doc. Ing. Michal Veselý, CSc.

Konzultanti bakalářské práce

Název bakalářské práce:

Urychlené stárnutí inkoustového tisku

Zadání bakalářské práce:

1. Prostudujte normované metody urychleného stárnutí tiskovin.
2. Popište metody urychleného stárnutí vhodné pro inkoustový tisk.
3. Popište k tomu potřebné experimentální zařízení.

Termín odevzdání bakalářské práce: 30.5.2008

Bakalářská práce se odevzdává ve třech exemplářích na sekretariát ústavu a v elektronické formě vedoucímu bakalářské práce. Toto zadání je přílohou bakalářské práce.

Silvia Káčerová
student(ka)

doc. Ing. Michal Veselý, CSc.
Vedoucí práce

Ředitel ústavu

V Brně, dne 1.12.2007

doc. Ing. Jaromír Havlica, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Atramentová tlač zaujala v dôsledku svojej univerzálnosti popredné miesta v tlačiarenských aplikáciách. Výtlačky musia byť stabilné pre archiváciu, i keď sú vystavené podmienkam prostredia. Zlepšenie stability atramentových výtlačkov je teda dôležitým cieľom. Táto bakalárska práca sa zaoberá starnutím výtlačkov produkovaných technológiou atramentovej tlače. Pozornosť bola zameraná najmä na vplyv svetla na stálosť výtlačkov.

Experiment bol urobený v prirodzených podmienkach (starnutie vplyvom slnečného žiarenia). Po premeraní vybraných kolorimetrických veličín, boli vyhodnotené zmeny vytlačených farieb.

Kľúčové slova: atramentová tlač, urýchléné starnutie, svetlostálosť.

ABSTRACT

Ink jet printing displaces in consequence its versatility the forefront in the printing applications. The prints must be stable for archiving, even if they are exposed to the environment. Now, the improvement of photo stability of ink jet prints is an important goal. This bachelor thesis deals with the ageing of prints produced by ink jet technology. The attention was paid to the influence of light on durability of prints especially.

The experiment was made under natural conditions (ageing owing to sunlight). The changes of printed colours were evaluated after some chosen colorimetric quantities were measured.

Key words: inkjet printing, accelerated ageing, lightfastness.

Káčerová, S. *Urychlené stárnutí inkoustového tisku*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2008. 36 s. Vedúci bakalárskej práce doc. Ing. Michal Veselý, CSc.

PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že som bakalársku prácu vypracovala samostatne a že všetky použité literárne zdroje boli správne a úplne citované. Bakalárska práca je z hľadiska obsahu majetkom Fakulty chemickej VUT v Brně a môže byť využitá ku komerčným účelom iba so súhlasom vedúceho bakalárskej práce a dekana FCH VUT.

.....
podpis študenta

Podakovanie:

Chcela by som poďakovať Doc. Ing. Michalovi Veselému, CSc. a Ing. Petrovi Dzikovi, Ph.D. za ich ústretovosť, čas a cenné rady. Ďalej by som chcela poďakovať všetkým, ktorí so mnou zdieľali svoje skúsenosti a bez ktorých účasti by táto práca nemohla vzniknúť.

OBSAH

1	ÚVOD	6
2	TEORETICKÁ ČASŤ	7
2.1	Atramentová tlač	7
2.1.1	Technika inkjetovej tlače Continual stream	7
2.1.2	Technika inkjetovej tlače Drop on demand	8
2.2	Prijímacie vrstvy	9
2.3	Druhy atramentov	10
2.3.1	Vodou riediteľné atramenty	11
2.3.2	Riedidlové atramenty	12
2.4	Zloženie atramentov	12
2.5	Interakcie atramentov a prijímacej vrstvy	14
2.5.1	Blednutie atramentov	15
2.5.2	Svetlo a farba	17
2.5.3	Meranie farby	18
2.6	Technické odporúčenia ASTM a ISO normy pre urýchlené starnutie	21
2.6.1	Štandardné postupy F 2366-05 pre určovanie relatívnej svetlostálosti inkjetových výtlačkov.	21
2.6.2	Štandardné testovacie metódy D 3424-01 pre hodnotenie relatívnej svetlostálosti tlačoviny a jej odolnosti voči zvetrávaniu.	24
3	EXPERIMENTÁLNA ČASŤ	30
3.1	Použité zariadenia a chemikálie	30
3.1.1	Zariadenie a vybavenie laboratória	30
3.1.2	Chemikálie a atramenty	30
3.1.3	Použitý software	30
3.1.4	Použité papiere	30
3.2	Príprava vzoriek	30
4	VÝSLEDKY A DISKUSIA	31
5	ZÁVER	34
6	ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV	35
7	ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV	36

1 ÚVOD

Atramentová tlač sa za posledných pár rokov stala veľmi žiadanou zobrazovacou technológiou. Jej využitie sa rozšírilo najmä používaním digitálnych tlačiarenských aplikácií. Zhotovujú sa ňou nielen bežné výtlačky, ale i digitálne fotografie, či reklamné billboardy a postery. To však vyžaduje zlepšenie stálosti výtlačkov. Výtlačky musia byť stabilné mnoho rokov pre archivovanie alebo uchovanie obrazov pri vystavení podmienkam prostredia. Na určenie stálosti výtlačkov sa robia testy urýchleného starnutia. Testy sa riadia technickými odporúčeniami a normami. Ich úlohou je v kratšom časovom období určiť, akú dlhú dobu bude daný výtlačok stabilný v predpokladaných podmienkach použitia. Nevýhodou je, že neposkytujú celkom reálne výsledky, pretože výtlačky sú viac poškodené pri dlhšej expozícii nižšou hladinou osvetlenia, ako pri krátkej expozícii extrémne vysokou hladinou osvetlenia.

Stabilitu výtlačkov ovplyvňuje množstvo faktorov. Na jednej strane je to typ prijímacích vrstiev, na ktorých sú atramenty vytlačené, ako i zloženie atramentov. Na strane druhej, výtlačky ovplyvňuje okolité prostredie. Výsledkom ich vzájomného pôsobenia je, že výtlačky strácajú svoju pôvodnú kvalitu a podliehajú degradácii.

Výtlačky vytvorené inkjetovou technológiou sú vystavené okolitému prostrediu. Svetlostálosť je najintenzívnejšie študovanou vlastnosťou inkjetových výtlačkov, keďže svetlo je najviac škodlivým faktorom prostredia. Výtlačky, ktoré sú vystavené účinkom svetla rýchlo blednú. Najnebezpečnejšou zložkou svetla pre výtlačky je ultrafialová oblasť spektra, ktorá vyvoláva fotochemické zmeny.

2 TEORETICKÁ ČASŤ

2.1 Atramentová tlač

Atrament sa používa do inkjetových tlačiarní, preferovaných pre domáce tlačenie digitálnych fotografií. Vďaka schopnosti tlačiť na rôzne substráty, sa technológia inkjetu stále viac používa i v tlačiarenskom priemysle a obalovom tlačiarenskom priemysle.

Inkjet je digitálny tlačiaci proces, v ktorom je atrament prenášaný priamo na substrát prostredníctvom hlavy riadenej elektronickým signálom¹. Tá vystreľuje kvapky atramentu na potlačované médium, kde atrament zasychá. Moderné tlačiarne vedia meniť veľkosť vystreľovanej kvapky, takže pre záznam obrazových tónových hodnôt sa využíva kombinácia frekvenčného a amplitúdového rastrovania².

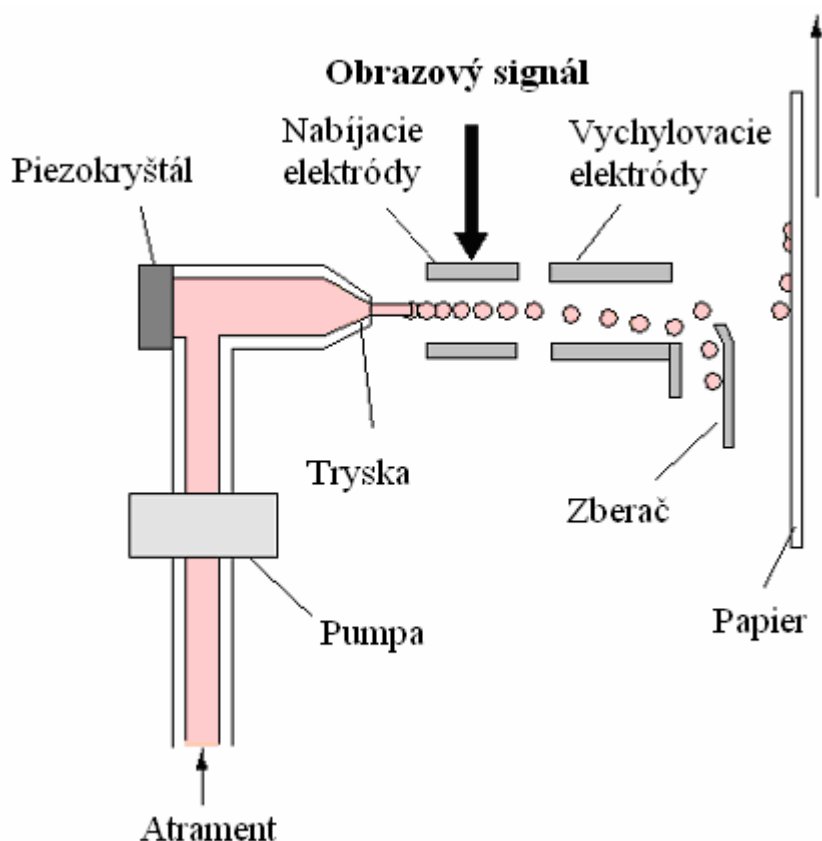
Rozlišujeme dva typy inkjetových technológií. Je to tzv. *continual stream (CS) inkjet* a *drop on demand inkjet (DOD)*.

2.1.1 Technika inkjetovej tlače Continual stream

Tento typ procesov vytvára pri tlačení prúd malých atramentových kvapiek, z ktorých len časť dopadá na papier.

Obr. 1 ukazuje základný princíp tryskového systému založeného na Hertzovej technológii, ktorá umožňuje vytvoriť prúd kvapiek s vysokou frekvenciou³. Pri *binárne odkloňujúcom CS* inkjete je kvapalina pod tlakom vytláčaná tryskou cez piezo-oscilátor. Veľkosť kvapiek spolu s intervalom sú závislé na niekoľkých faktoroch: priemere trysiek, viskozite a povrchovom napätí kvapaliny. Vzhľadom k tomu, že ide o binárny systém, sú kvapky dvoch typov. Kvapky, ktoré boli nabité elektródou a získali náboj, sú v elektrickom poli vychyľované. Kvapky bez náboja dopadajú priamo na papier.

V *multi-odkloňujúcom CS* inkjete sa nachádza systém s rozdielne nabitými kvapkami. Ich vychyľovanie je závislé od intenzity náboja. Rozlíšenie výtlačku závisí od vzdialenosti inkjetovej hlavy a povrchu substrátu, od rýchlosti posúvania substrátu a od frekvencie kvapiek. Inkjetové technológie zvyčajne vytvárajú rozlíšenie medzi 300 až 600 dpi a môžu vytvárať niekoľko stupňov sivej na pixel³. Pri vysokej frekvencii kvapiek je možné získať až 30 stupňov sivej. Rozlíšenie sa pri niektorých systémoch pohybuje v šírke materiálu až do 1200 dpi, v druhom rozmere je ovplyvnené rýchlosťou posuvu materiálu⁴.



Obr. 1 Princíp činnosti pre CS inkjetovú technológiu (cit.³).

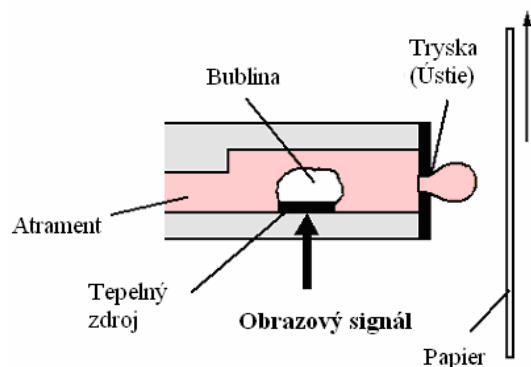
2.1.2 Technika inkjetovej tlače Drop on demand

Každá kvapka, ktorá vznikne pri tomto type procesu, dopadá na základe vytvorenia požadovaného obrazu priamo na papier. DOD inkjetové systémy môžu byť klasifikované podľa spôsobu, akým sú tvorené jednotlivé kvapky atramentu³. Rozlíšenie, pri ktorom DOD systémy tlačia, sa pohybuje okolo 300×300 dpi. Ich výhodou je, že nimi možno potlačovať i ťažko spracovateľné materiály, napr. plasty.

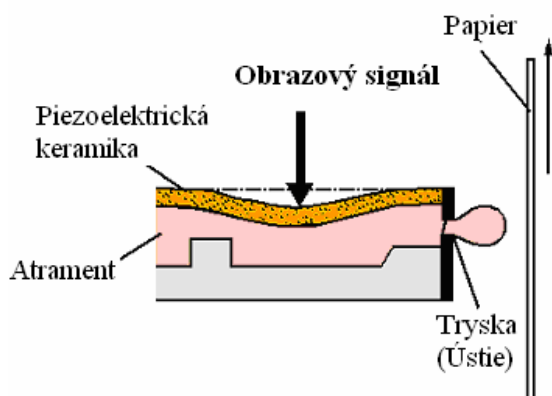
Princípom *termálnych inkjetových* systémov je, že teplom sa vyparuje atrament, čím v jeho vnútri vzniká bublina, ktorá následne vytlačí kvapku atramentu cez trysku (Obr. 2). Tieto systémy majú väčšinou separované hlavy pre každú farbu.

Pri *piezo inkjete* sú kvapky vypudzované prostredníctvom elektricky kontrolovanej mechanickej deformácie symetrického kanálika (Obr. 3). Kvapka môže vzniknúť v jednom kanáliku, deformáciou zadnej steny komory. Je vypudzovaná cez trysku, keď sa kanálik vracia do pôvodného tvaru. Kvapka môže byť tvorená aj v sústave kanálikov, kde v jednom kanáliku dochádza k nasávaniu a v susednom kanáliku sa uskutočňuje vypudzovanie.

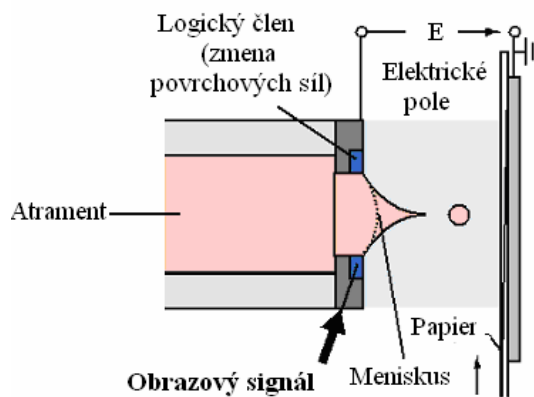
Podstatou *elektrostatických inkjetových systémov* je generovať elektrické pole medzi inkjetovým systémom a substrátom. Kvapky sú tvorené posielaním riadených signálov cez trysku. Tieto impulzy spôsobujú uvoľnenie kvapky a jej smerovanie cez elektrické pole na substrát (Obr. 4).



Obr. 2 Princíp činnosti DOD termálnych inkjetových systémov (cit.³).



Obr. 3 Princíp činnosti DOD piezo inkjetových systémov (cit.³).



Obr. 4 Princíp činnosti DOD elektrostatických inkjetových systémov (cit.³).

2.2 Prijímacie vrstvy

Prijímacie atramentové vrstvy sú nanosené na nosných podložkách. Ide o špeciálne upravené papiere. Ako nosné podložky sa používajú RC papiere (obojstranne potiahnuté vrstvičkou polyetylénu), polyesterové podložky a barytovaný papier (bezdrvný papier potiahnutý vrstvou barytu v organickom spojive).

Bolo vyskúšaných veľa typov prijímacích vrstiev pre atramentovú tlač. Postupom času sa z nich vyčlenilo niekoľko základných typov, ktoré majú starostlivo vyladené vlastnosti.

Konvenčné cast-coated prijímacie vrstvy sú založené na minerálnom plnive (v súčasnosti najmä kaolín) a na organickom spojive⁵. Pri tomto type vrstvy je možné získať lesklé, pololesklé i matné povrchy. Tento typ vrstvy je nestáli len v prípade, že je vystavený podmienkam extrémne vysokej vzdušnej vlhkosti.

Bobtnajúce prijímacie vrstvy (swellable polymer layer) sú tvorené zmesou hydrofilných polymérov, najčastejšie polyvinylalkoholu, často doplneného o modifikované želatíny alebo škroby, s rôznym stupňom zosieťovania. Pri nanosení atramentu vrstva nabobtná v určitom mieste a atrament prenikne do prijímacej vrstvy. Odparením rozpúšťadla potom vzniká selektívne prefarbený xerogel. Výsledkom je obraz s vynikajúcou kvalitou, preto sú tieto vrstvy určené najmä pre tlač fotografií. Bobtnajúce médiá obsahujú vrstvy, ktoré sú schopné absorbovať vo vode rozpustné atramenty. To má za následok pomalé sušenie a s tým spojené problémy výtlakov. Ide o lepivosť, presakovanie, či koalescenciu určitých typov atramentových systémov. Bobtnajúce prijímacie vrstvy sú všeobecne vhodné pre termálne inkjetové tlačiarne⁶.

Mikroporézne prijímacie vrstvy sú založené na syntetických vysoko poréznych sorbentoch s obrovským aktívnym povrchom (výrobcami označované ako napr. mikrokeramické nanočastice), rozptýlených vo vhodnom organickom spojive. Funkciu spojiva plní hydrofilný polymér, ktorý tiež zaisťuje lesklý povrch vrstvy. Pri nanosení atramentu dôjde veľmi rýchlo k jeho prieniku do vrstvy a v mikropóroch sorbentu k jeho zafixovaniu. Ich výhodou je, že sa prijímacia vrstva nelepí, i keď sa rozpúšťadlo vyparuje z výtlaku dlhšiu dobu. Počas tohto vyparovania sa môže mierne meniť farba výtlaku (gamut). Molekuly farbiva sa v tomto prípade viažu na aktívne miesta sorbentov tak pevne, že výtlaky získavajú vysoký stupeň vodeodolnosti. Extrémne vysoká porozita má za následok množstvo problémov pri dlhodobom uskladnení. Obrovský aktívny povrch týchto materiálov viaže polutanty zo vzduchu, ktoré potom prispievajú k deštrukcii viazaných farbív a pigmentov, ale i vlastnej prijímacej vrstvy. Tieto problémy sú oveľa menej výrazné, ak vrstvy obsahujú želatínu, polyvinylalkohol alebo polyvinylpyrrolidin. Napriek tomu, že tieto materiály nie sú v súčasnosti považované za archívne stále, je tento druh prijímacích vrstiev najpopulárnejší. Tieto vrstvy sú najvhodnejšie do tlačiarň s technológiu piezo inkjetovej hlavy, ale sú tiež vhodné pre rýchlejšie termálne tlačiacie systémy⁶.

2.3 Druhy atramentov

Atrament je nízkoviskózna homogénna alebo mikroheterogénna kvapalina, skladajúca sa z rozpúšťadla, farbonosnej zložky a pomocných látok (povrchovo aktívne látky, látky ovplyvňujúce viskozitu, konzervačné látky, ap.) Je to farbonosné médium selektívne nanášané na potláčaný materiál². Jeho úlohou je vytvoriť opticky vnímateľné zobrazenie na potláčanom materiáli. Podľa typu rozpúšťadla sa atramenty delia do dvoch hlavných skupín. Sú to vodou riediteľné atramenty (*water-based inks*) a riedidlové atramenty (*solvent inks*). Rozpúšťadlo v atramente býva súčasťou spojiva. Okrem toho spojivo obsahuje i filmotvorné látky a aditíva. Rozpúšťadlá majú za úlohu rozpúšťať filmotvornú látku a upraviť viskozitu farby⁷. Hlavnými úlohami spojiva je transport tlačovej farby zo stroja na materiál, naviazanie farby a schnutie. Farbonosné zložky, ktoré zabezpečujú optické vlastnosti tlačoviny, sa delia na farbivá a pigmenty. Pigmenty sú jemne dispergované, tuhé, nerozpustné častice.

2.3.1 Vodou riediteľné atramenty

Patria medzi najčastejšie používané atramenty. Voda, ako základná zložka týchto atramentov, sa používa z troch hlavných dôvodov. V prírode sa vyskytuje bežne a jej používanie z hľadiska ekológie je teda bezpečné. Je najrozšírenejšou látkou na Zemi, preto je veľmi dostupnou a lacnou zložkou atramentov. Voda je vynikajúce rozpúšťadlo, najmä pre aniónové vo vode rozpustné farbivá. Z vody sa tvoria kvapky lepšie ako z iných rozpúšťadiel. Termálne inkjetové atramenty dokonca musia obsahovať minimálne 30 % vody. Jej nevýhodou je pomalé schnutie. Aby sa zabránilo tomuto negatívnemu efektu, používajú sa materiály s povrchovou úpravou.

Vodou riediteľné atramenty sa podľa farbonosnej zložky ďalej delia do troch skupín:

1) *Farbivové (dye-based) atramenty* – sú to atramenty založené na farbivách. Ich farbonosnou zložkou sú výlučne vo vode rozpustné farbivá. Výsledný atrament je homogénnou zmesou – ide teda o pravý analytický roztok. Tieto atramenty majú schopnosť prenikať hlboko do prijímacích vrstiev potlačených médií, čo je spôsobené analytickými rozmermi častíc použitých farbív. Vplyvom toho sa na povrchu nevytvárajú rušivé artefakty. Farbivové atramenty sú schopné prenikať aj do lesklých fotopapierov s prijímacou vrstvou založenou na hydrofílnych polyméroch. Farbivá použité na prípravu atramentov sa vyznačujú vysokou čistotou a brilantnosťou farieb, preto atramentové sady založené na týchto farbivách majú veľký farebný gamut. Tieto farbivá sa tiež vyznačujú obmedzenou svetlostálosťou a na svetle sa rozkladajú. Ich problémom je aj odolnosť voči vode, ako i blednutie vplyvom plynov, vlhkosti a blednutie v tme⁸.

2) *Pigmentové (pigment-based) atramenty* – ide o atramenty založené na pigmentoch. Ich farbonosnou zložkou sú výlučne nerozpustné pigmenty. Mikroskopické čiastočky nerozpustného pigmentu sú rozptýlené vo vode a stabilizované proti sedimentácii a koagulácii. Atrament tvorí mikroheterogénnu zmes. Pigmentové atramenty prenikajú hlbšie iba do poréznych a mikroporéznych tlačových médií. Nie je veľa fotomédií, ktoré sú kompatibilné s pigmentovými atramentmi⁸. Aby sa dosiahol vysoký lesk, sú vyžadované špeciálne prispôbené média. Ak majú fotopapieri prijímaciu vrstvu zloženú z hydrofílnych polymérov, častice sa pri tlači agregujú na povrchu. Následkom tohto javu vznikajú rušivé artefakty, ktoré negatívne ovplyvňujú kvalitu tlače. Pigmenty použité v týchto atramentoch majú nižšiu farebnú sýtosť a preto majú ich atramentové sady menší farebný gamut. Sú však predurčené pre archívne výtlačky, pretože sa vyznačujú vysokou svetlostálosťou ale i odolnosťou voči plynom (ozónu). Pigmentové atramenty sú stabilné i v rôznych klimatických podmienkach, ako je teplota a vlhkosť.

3) *Pigmentované (pigmented) atramenty* – vznikli ako výsledok kombinácie farbivových a pigmentových atramentov, za účelom eliminácie ich nevýhod. V praxi však pozorujeme skôr vznik nových problémov, napríklad tzv. chromatografickú separáciu: Pokiaľ atrament obsahujúci pigment aj farbivo zároveň interaguje s poréznym substrátom, môže sa ľahko stať, že podstatne menšie a pohyblivejšie molekuly farbiva preniknú hlbšie ako objemnejšie častice pigmentu. Následkom tejto separácie môže dôjsť k výraznej zmene farebného odtieňa. Táto zmena je na rôznych médiách rôzna, preto má výtlačok na rôznych papieroch rôzne farby².

2.3.2 Riedidlové atramenty

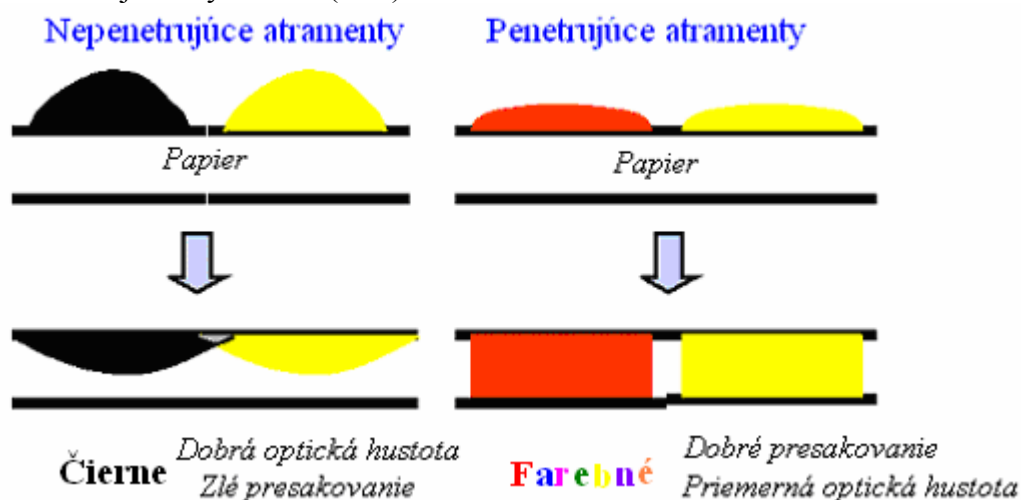
V tomto prípade plní funkciu rozpúšťadla riedidlo. Ich hlavnou nevýhodou je, že sú ekologicky škodlivé a majú nepriaznivý dopad na zdravie ľudí. Na rozdiel od vody sa riedidlá vyznačujú značnou prchavosťou. To ovplyvňuje najmä sušenie výtlačku, ktorý je po odparení rozpúšťadla takmer okamžite suchý. V riedidlách sú rozpustené čiastočky farebného pigmentu. Pracujú teda na podobnom princípe ako vodou riediteľné pigmentové atramenty. Pri riedidlových atramentoch nedochádza k zapíjaniu farbiva, pretože atramenty neprenikajú v dôsledku rýchleho sušenia hlbšie do materiálu. Nevyžadujú žiadne špeciálne natierané papiere ako vodou riediteľné atramenty. Tým sa zvyšuje ich atraktivita i cenová výhodnosť.

2.4 Zloženie atramentov

Ako už bolo vyššie spomenuté, atramenty sú zložené z rozpúšťadla, farbonosnej zložky a pomocných látok. Funkcia rozpúšťadla ako i farbonosnej zložky bola opísaná v kapitole 2.3. Obsah jednotlivých zložiek v atramente je nasledovný: 3–6 % farbiva, 70–80 % vody, 5–10 % zvláčňujúcich činidiel, 1 % povrchovo aktívnych látok a 2–10 % penetrantov⁹ (látky prenikajúce do substrátu).

Úlohou zvláčňujúcich činidiel je zabrániť vyparovaniu vody z trysiek tlačovej hlavy, keď tlačiareň nie je používaná. V opačnom prípade by došlo k blokovaniu trysiek a atrament by nemohol byť vypudený na papier. Spôsobuje to práve značné vyparovanie vody, kedy dochádza ku kryštalizácii farbiva z atramentu a na povrchu trysky sa vytvorí akoby „škrupinka“. Do skupiny zvláčňujúcich činidiel sa zaraďujú s vodou miešateľné zlúčeniny, ktoré majú vysoký bod varu, napr. dietylén glykol a 2-pyrolidin.

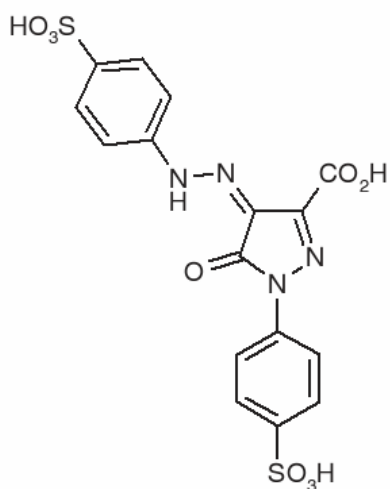
Povrchovo aktívne látky a penetranty sa používajú, aby znížili povrchové napätie a ovplyvnili rýchlosť penetrácie atramentov do médií. Nízke povrchové napätie penetrujúcich atramentov sa používa pre inkjetové farebné atramenty, aby veľmi rýchlo prenikali do substrátu bez rozpíjania (Obr. 5). Čierne farbivo, ktoré sa používa k vytváraniu intenzívneho čierneho textu, nepreniká do substrátu. Preto povrchovo aktívne látky, ani penetranty, nie sú potrebné v čiernych atramentoch. Typickým penetrantom je pentan-1,5-diol a povrchovo aktívnou látkou je Sulfynol 465 (cit.⁹).



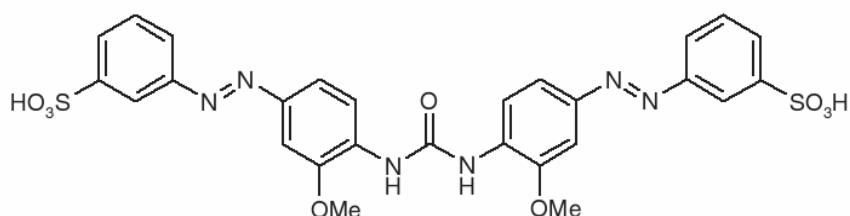
Obr. 5 Atramenty penetrujúce a nepenetrujúce na papier (cit.⁹).

Inkjetové farbivá majú splniť niekoľko požiadaviek. Najdôležitejšími sú odtieň, jas, použiteľnosť a bezpečnosť. Pre termálne inkjetové tlačiarne, je tiež vyžadovaná vysoká tepelná stabilita farbív, pretože teplota môže miestami dosiahnuť až 350 °C. Zobrazovacie systémy používajú tri primárne subtraktívne farby, ktorými sú žltá, purpurová a azúrová, plus čierna. Prvé tri farby produkujú najväčší farebný gamut.

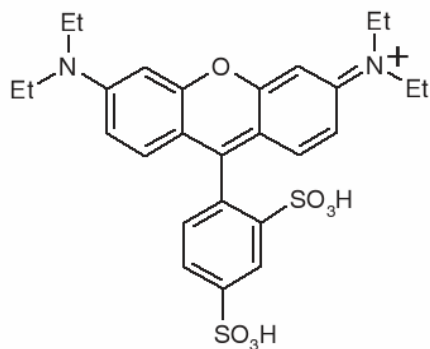
Typickými inkjetovými farbivami sú žlté farbivá CI Acid Yellow 23 – Tartrazin (Obr. 6) a CI Direct Yellow 132 (Obr. 7). Purpurovými farbivami sú CI Acid Red 52 – xantén (Obr. 8) a purpurové farbivo (Obr. 9) a azúrovým farbivom je ftalocyanin meďnatý (Obr. 10)⁹. Farbivá CI Direct Yellow 132, azo purpurové farbivo a ftalocyanin meďnatý majú veľmi dobrú stálosť na svetle, používajú sa v tlači digitálnych fotografií.



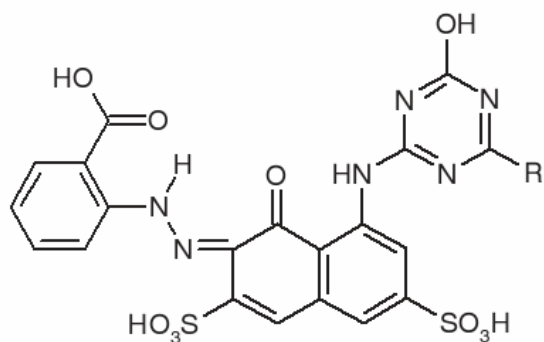
Obr. 6 Molekula žltého farbiva CI Acid Yellow 23.



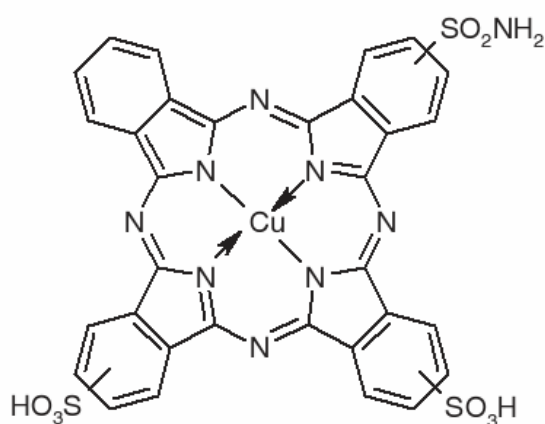
Obr. 7 Molekula žltého farbiva CI Direct Yellow 132.



Obr. 8 Molekula purpurového farbiva CI Acid Red 52.



Obr. 9 Molekula purpurového farbiva.



Obr. 10 Molekula azúrového farbiva ftalocyaninu meďnatého.

2.5 Interakcie atramentov a prijímacej vrstvy

Farbiace látky aplikované k proteínovým štruktúram podliehajú redukčnému blednutiu, kým farbiace látky na celulóзовých, polyhydroxy povlakoch, či polyesterových substrátoch podliehajú oxidačnému blednutiu¹⁰. Niektoré vlastnosti substrátov ovplyvňujú svetlostálosť a spôsobujú interakcie s atramentmi. Patrí sem pH substrátu, chemické zloženie povrchu substrátu, vstrebávanie farbonosnej zložky vo vnútri substrátu a tiež zloženie aditív.

Kyslé pH ovplyvňuje rozpustnosť farbív, čo vedie ku kryštalizácii alebo agregácii na povrchu papiera. Azo formy farbív, ktoré sú stabilné pri vyšších hodnotách pH, majú lepšiu svetlostálosť. Pri kyslom pH však vznikajú hydrazo formy niektorých žltých, purpurových alebo čiernych azo farbív. Kyslý povrch vrstvy vzniká reakciami s anorganickými oxidmi, napríklad oxidom kremičitým, alebo oxidom titaničitým. Oxid hlinitý produkuje viac neutrálne pH a uhličitan sodný zase zásadité.

Pre inkjetovú tlač sa používa veľa druhov papierov. Okrem hladkých papierov sa stále viac používajú špeciálne alebo lakované substráty, ktoré obsahujú jednu alebo viac vrstiev. Povrch papierov je často veľmi porózny, čo umožňuje rýchle prenikanie atramentového spojiva do prijímacej vrstvy kapilárnym mechanizmom. Nátery absorbujúce atrament sú schopné fixovať farbivá a poskytovať ochranu pred ich blednutím. Farbivové atramenty reagujú s povlakmi substrátov elektrostatickými interakciami a interakciami vodíkových

mostíkov. Pre pigmentové atramenty nie sú reakcie tohto typu medzi farbonosnou zložkou a substrátom reálne⁸. Bežnými polymérnymi systémami na povrchu substrátov sú metylcelulóza, karboxymetyl celulóza, polyvinylalkohol, polyakryláty alebo želatína. Ich hlavnou funkciou je veľmi dobre absorbovať spojivo a urýchliť tak mechanizmus schnutia a stabilizovať atrament. Atrament by sa nemal absorbovať hlboko do substrátu, aby atramentový bod nestratil optickú hustotu a nerozpíjal sa. Ideálnym prípadom je, keď atrament vytvorí po nanesení na substrát symetrický bod. Rozpíjaním sa naopak atramentový bod rozširuje do strán, čo spôsobuje nepatrné zvýšenie pokrytej plochy a rozmazaný vzhľad (Obr. 5).

Svetlostálosť je v prítomnosti organických kationov často nižšia. Naopak anorganické kationy, obzvlášť prechodné kovové ióny, zvyšujú fotostabilitu výtláčkov. Na svetlostálosť výtláčkov dramaticky vplyva i druh prijímacej vrstvy. Želatína a polyhydroxypolyméry poskytujú chromofórom najlepšiu ochranu¹⁰.

Ďalším faktorom ovplyvňujúcim svetlostálosť výtláčkov je fyzikálna forma farbiva. Keď farbivo kryštalizuje na povrchu substrátu, farbonosná zložka je chránená tým, že molekuly agregujú do nanokryštálov. Toto je pozorované pri farbivách rozpustných vo vode, ktoré sú závislé od pH.

Pri farebnom atramente sú farby získané tlačou štyroch základných farieb CMYK (C – azúrová, M – purpurová, Y – žltá, K – čierna). Aby bol dosiahnutý požadovaný odtieň farby, musia byť atramenty nanášané na substrát v rôznych množstvách. Farby sa navzájom prekrývajú, purpurová prekrýva azúrovú a čierna prekrýva azúrovú i purpurovú. Pri ich prekrývaní na substráte nesmie dochádzať k zmiešaniu atramentov, inak sa nedosiahne požadovaný výsledok a farba je kalná a škvrnitá. Problémom pri prekrývaní atramentov je zapúšťanie jedného atramentu do druhého. To býva spôsobené rozdielnym povrchovým napätím, pričom atrament s nízkym povrchovým napätím sa zapúšťa do atramentu s vyšším povrchovým napätím (a naopak), a výtláčok pôsobí rozmazane a neostro. Je možné tomu zabrániť, ak sa vyrovná povrchové napätie atramentov. Pri atramentoch s nižším povrchovým napätím sa obmedzí použitie odpeňovačov a povrchovo aktívnych látok, ktoré povrchové napätie znižujú.

2.5.1 Blednutie atramentov

Je niekoľko faktorov ovplyvňujúcich stálosť výtláčkov. Najväčším nepriateľom stálosti atramentových výtláčkov je nepochybne svetlo. Ďalšími faktormi sú voda, vlhkosť, zvýšená teplota ako i chemické látky nachádzajúce sa vo vzduchu, najmä ozón.

Existuje niekoľko spôsobov pre určenie svetlostálosti výtláčkov. Najjednoduchším je exponovať výtláčok skutočným denným svetlom, čiže, vystaviť ho reálnym podmienkam. Táto metóda je však z časového hľadiska veľmi zdĺhavá a prináša so sebou množstvo problémov. Na druhej strane sa získajú pravdivé poznatky o starnutí výtláčkov v reálnych podmienkach. Druhou možnosťou sú testy urýchleného starnutia, ktoré sa uskutočňujú, aby bola v krátkom čase stanovená relatívna klasifikácia materiálov alebo fyzikálnych kombinácií materiálov, s ohľadom na chemickú stabilitu alebo fyzikálnu stálosť. Majú tiež stanoviť, alebo predpovedať životnosť materiálov v predpokladaných podmienkach používania. Procesy zhoršenia sú urýchľované v laboratóriu, za účelom objasnenia chemických reakcií (mechanizmu zhoršenia) a fyzikálnych dôsledkov. Dôležitým aspektom tohto úsilia je popis celkového vzorového zhoršenia, či sú procesy urýchlené časom, či je tam nejaká indukčná perióda, alebo či sú pozorované výrazné fázy pred tým, ako nastane zhoršenie. Základným

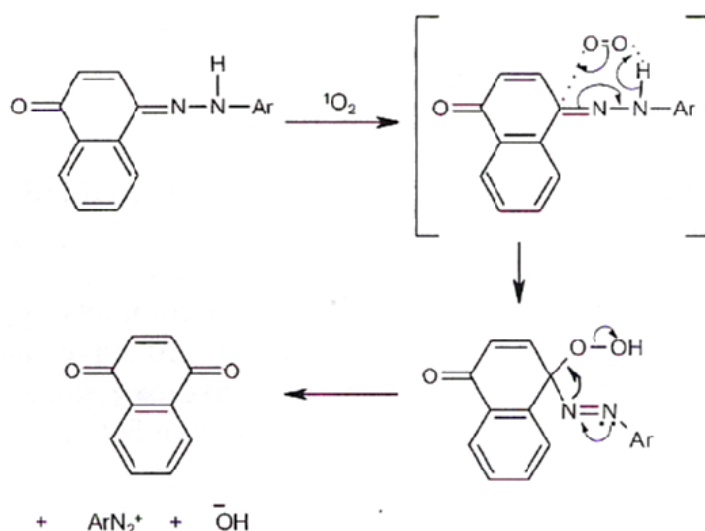
cieľom výskumu je vývoj techník, ktoré môžu monitorovať mieru zhoršenia a metódy, ktorými môže byť životnosť materiálov predĺžená¹¹.

Svetlo je teda najvýznamnejším faktorom ovplyvňujúcim stálosť výtlačkov. Fotochemickú degradáciu málokedy vyvolajú fotóny infračervenej časti spektra. Oveľa vyššiu energiu majú fotóny kratších vlnových dĺžok, od modrej a fialovej oblasti viditeľného spektra až po ultrafialovú oblasť spektra. Tieto fotóny už sú schopné vyvolať fotochemické zmeny.

Svetelné blednutie by sa malo určovať dávkou ožiarenia. Dávka ožiarenia sa vypočíta násobením intenzity ožiarenia časom expozície. I keď sa získajú dávky ožiarenia rovnakých hodnôt, je to zložitejšie, pretože farebné obrázky vystavené veľmi dlhú dobu nízkym hodnotám osvetlenia utrpia oveľa vyššiu škodu, ako výtlačky vystavené krátkym expozíciám veľmi vysokých intenzít – zlyhanie recipročného zákona.

Na zlepšenie svetlostálosti systémov, je potrebné pochopiť mechanizmus, akým blednú. Dôležitým bodom je, že farbivá málokedy blednú iba jedným mechanizmom. Oveľa častejším prípadom je, že sa vyskytuje celá skupina mechanizmov, ktoré sa pokúšajú spomaliť mechanizmus urýchľujúci ostatné mechanizmy. Použité chromoforické typy majú dominantný vplyv na spektrálne charakteristiky a dosiahnutú svetlostálosť. Kľúčovou zložkou vo výskumnej stratégii pri navrhovaní vysokej svetlostálosti farbív, je pochopiť blednutie dôležitých chromoforických skupín a získať spoľahlivé metódy pre výskum blednúcich mechanizmov všetkých chromofórov na danom substráte¹².

V prítomnosti svetla, ale i vlhkosti a kyslíka, podstupuje veľa farbív oxidačné blednutie. Môže dochádzať i k redukčnému blednutiu, tento prípad však nastáva len zriedka. Môže nastať na proteínových substrátoch, ako želatína, hodváb alebo vlna. Po absorpcii fotónu je farbivo excitované do prvého alebo vyššieho excitovaného singletového stavu. Následne sa vracia do základného stavu buď priamo vyžiarovaním svetelného kvanta (fluorescencia) alebo medzisystémovým prechodom do tripletového stavu. Farbivá s dlhou životnosťou excitovaného singletového stavu podliehajú veľmi rýchlo fotodegradácii. Skrátčením doby života singletového stavu sa môže zvýšiť fotostabilita farbiva. Ako príklad mechanizmu oxidačného blednutia môže slúžiť fotodekompozícia azonaftolového farbiva, ktoré je stabilnejšie v hydrazo tautomérskej forme (Obr. 11).



Obr. 11 Oxidačná deštrukcia azo chromofóru (cit.¹⁰).

2.5.2 Svetlo a farba

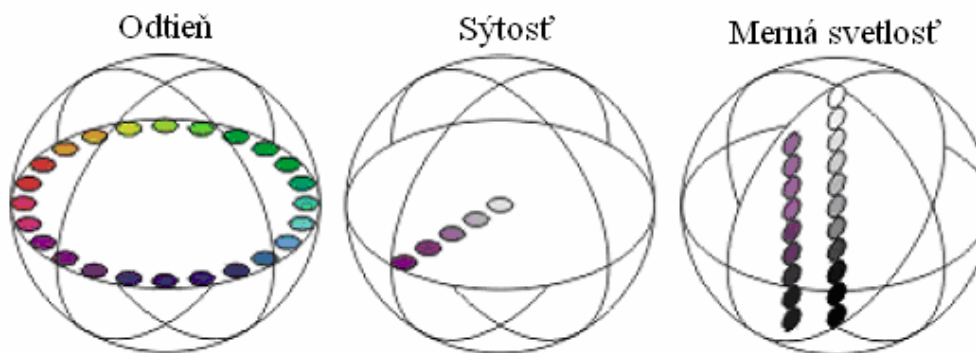
Farba a farebnosť je spojená s farebným vnemom, ktorý vzniká pri dopade svetla do zrakového systému oka. Jeho charakter je závislý na vlnovej dĺžke oka. Svetlo s kratšími vlnovými dĺžkami vyvoláva vnem modrej a fialovej farby, svetlo stredných vlnových dĺžok vnem zelenej, žltej a oranžovej farby a dlhovlnné svetlo vyvoláva vnem červených vlnových dĺžok. Farebný vnem je teda výsledkom troch faktorov: farebnej plochy, osvetlenia a citlivosti zrakového systému. Pohlcovanie svetla istých vlnových dĺžok farebnou plochou a odrážanie svetla iných vlnových dĺžok popisuje remisné spektrum alebo remisná krivka (krivka spektrálnych činiteľov odrazu). Keď svetlo prechádza farebnou plochou hovorí sa o transmisnom spektre a transmisnej krivke (krivka spektrálnych činiteľov prestupu).

Vlastnosti osvetlenia sú charakterizované spektrálnou distribúciou svetla. Tá určuje, aký je podiel jednotlivých vlnových dĺžok v celkovom svetle. Svetlo sa po dopade na farebnú plochu odráža. Spektrálna distribúcia svetla sa zmení, lebo v závislosti na remisnej krivke sa svetlo s istými vlnovými dĺžkami odrazí a s inými vlnovými dĺžkami sa na povrchu pohltí. Odražené svetlo tak obsahuje informáciu o sfarbení povrchu.

Po odraze svetla od farebného povrchu dopadá do oka, kde vyvoláva farebný vnem. V zrakovom systéme sú dva druhy svetlocitlivých buniek. Tyčinky sú citlivejšie, ale nerozlišujú farbu. Čapíky zabezpečujú, že ľudské oko je schopné vnímať farbu. Sú tri druhy čapíkov, z ktorých každý je citlivý na iné svetlo. Jeden je na modré, druhý na zelené a tretí na červené svetlo. Každá svetlocitlivá bunka sa v závislosti na spektrálnom zložení svetla podráždi inak. Výsledkom kombinácie týchto podnetov je farebný vnem, ktorý je určený tromi základnými atribútmi (psychofyzikálnymi charakteristikami – Obr. 12):

- Merná svetlosť – vyjadruje tú stránku zrakového vnemu, podľa ktorej sa javí farba svetlejšia alebo menej svetlá.
- Odtieň – vyjadruje základný pocit farby a kvalitu farby.
- Sýtosť – vyjadruje stupeň odlišnosti farby od sivej farby s rovnakou svetlosťou.

Pojem farebný podnet sa používa, keď sa hovorí o videní alebo meraní farby. Je výsledkom pôsobenia svetelného zdroja a objektu, od ktorého sa svetlo odráža, alebo cez ktorý prechádza. Farebný podnet sa zmení, pri použití iného svetelného zdroja, ktorý má inú charakteristickú spektrálnu distribúciu. Je však možné, že dva farebné podnety s odlišnou spektrálnou distribúciou vnímame ako identickú farbu. Tento jav sa nazýva metaméria. Dochádza k nemu len pri farebných vnemoch, nikdy nie pri objektoch, môže teda vzniknúť pri osvetlení jedným svetelným zdrojom, avšak nie pri osvetlení druhým.



Obr. 12 Zmena odtieňa, zmena sýtosti, zmena mernej svetlosti (cit.13).

2.5.3 Meranie farby

Dnešné metódy merania farby (kolorimetrie), sa zakladajú na dokumentoch obsahujúcich štandardy a technické špecifikácie pre meranie farby, ktoré vypracovala a vydala Medzinárodná komisia pre osvetlenie – *CIE (Commision Internationale de l'Éclairage)*. V roku 1931 urobila *CIE* zásadný krok v štandardizácii systémov merania farby. Definovala štandardné zdroje osvetlenia, podmienky osvetlenia vzorky, detekciu odrazeného svetla, zaviedla funkciu štandardného pozorovateľa a odporučila spôsob vyhodnotenia získaných primárnych údajov a viac druhov osvetlenia. V kolorimetrii sa najčastejšie pracuje s osvetlením D_{65} , ktoré reprezentuje priemerné denné svetlo interiéru.

Štandardný pozorovateľ má funkcie, ktoré predstavujú spektrálnu citlivosť priemerného ľudského oka na tri farby – červenú, modrú a zelenú. Funkcie štandardného pozorovateľa sa označujú ako trichromatické členiteľa \bar{x} , \bar{y} , \bar{z} . Pretože zodpovedajú pozorovaniu farebného poľa v uhle 2° , nazývajú sa tiež ako 2° štandardný pozorovateľ *CIE 1931*. V roku 1964 boli pre 10° štandardného pozorovateľa definované tzv. *CIE 1964 doplnkové trichromatické členiteľa* \bar{x}_{10} , \bar{y}_{10} , \bar{z}_{10} .

Farbu teda možno jednoznačne definovať pomocou trichromatických zložiek X , Y a Z . Sú vypočítané zo spektrálnej reflektancie farebnej vzorky $R(\lambda)$, spektrálnej distribúcie osvetlenia $\Phi^0(\lambda)$ a funkcií trichromatických členiteľov \bar{x} , \bar{y} , \bar{z} , podľa vzťahov (1), (2) a (3).

$$X = K \sum_{\lambda=380}^{780} \Phi^0(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) \quad (1)$$

$$Y = K \sum_{\lambda=380}^{780} \Phi^0(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) \quad (2)$$

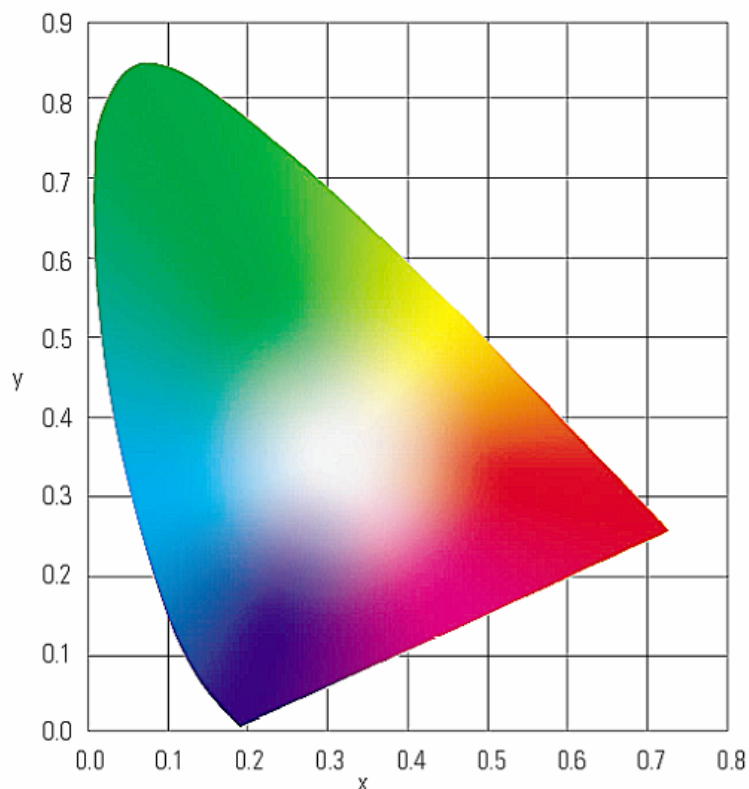
$$Z = K \sum_{\lambda=380}^{780} \Phi^0(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) \quad (3)$$

K je normalizačná konštanta, pre ktorú platí vzťah (4). Jej hodnota sa získa tak, že za Y sa dosadí 100, pretože ide o dokonale biely, ideálny predmet, ktorého reflektancia je pre celé spektrum jednotková.

$$K = \frac{100}{\sum \Phi^0(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda)} \quad (4)$$

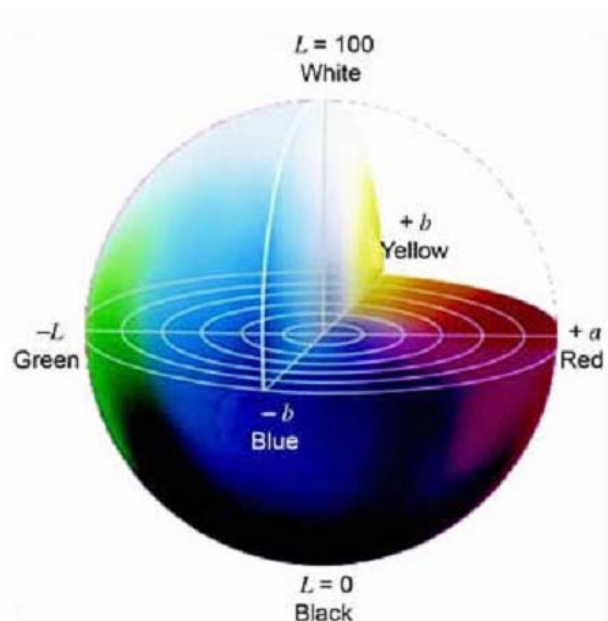
Normovaním trichromatických zložiek možno získať trichromatické súradnice x , y , z , podľa vzťahu (5). Na definíciu farby stačia dve trichromatické súradnice x a y , lebo $x + y + z = 1$. Rovina, ktorú definujú, sa nazýva chromatická rovina a popisuje pestré vlastnosti farieb. Tieto dve trichromatické súradnice spolu s trichromatickou zložkou Y určujú polohu farby vo farebnom priestore *CIE xyY*. Trichromatická zložka Y definuje svetlosť. Súbor súradníc x a y všetkých farieb vytvára v chromatickej rovine kolorimetrický trojuholník *CIE x, y* (Obr. 13).

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}, \quad y = \frac{Y}{X + Y + Z}, \quad z = \frac{Z}{X + Y + Z} \quad (5)$$



Obr. 13 Kolorimetrický trojuholník CIE x, y (cit.¹⁴).

Tento pôvodný kolorimetrický trojuholník CIE x, y a farebný priestor CIE xyY mali závažný nedostatok, ktorou bola neuniformita. Ide o farebné rozdiely, ktoré zodpovedali rovnakým rozdielom farebného vnemu a v chromatickej rovine sa zobrazovali rôznymi úsečkami, ktorých dĺžka je závislá od polohy porovnávaných farieb v kolorimetrickom trojuholníku. Na vyriešenie tohto problému v roku 1976 CIE navrhla dva alternatívne farebné priestory: 1976 CIE $L^*u^*v^*$ a 1976 CIE $L^*a^*b^*$. Sú to pravoúhle priestory s nepestrými farbami na vertikálnej osi, ktorú reprezentuje merná svetlosť L^* . Chromatické osi a^* resp. u^* , ležia v smere červená – zelená, a b^* resp. v^* v smere žltá – modrá (Obr. 14).



Obr. 14 Farebný priestor 1979 CIE $L^*a^*b^*$ (cit.¹⁵) a pozícia tlačných farieb v kvadrantoch chromatickej roviny.

Hodnoty súradníc L^* , a^* a b^* udávajú polohu farby v trojrozmernom farebnom priestore, dajú sa získať prepočtom z trichromatických zložiek podľa rovníc (6), (7) a (8).

$$L^* = 116 \cdot (Y/Y_n)^{1/3} - 16 \quad (6)$$

$$a^* = 500 \cdot \left[(X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3} \right] \quad (7)$$

$$b^* = 200 \cdot \left[(Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3} \right] \quad (\text{cit.}^{14}) \quad (8)$$

Pri hodnotení farieb, ich vzťahov, rozdielov a zhody má veľký význam rozdiel farieb CIE 1976. Je to rozdiel dvoch farieb vo farebnom priestore CIE $L^*a^*b^*$ a označuje sa ako ΔE^*_{ab} , vypočíta sa zo vzťahu (9).

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (\text{cit.}^{14}) \quad (9)$$

Doteraz nebol prijatý žiadny záväzný ani doporučený dokument so širšou platnosťou, definujúci prípustné hodnoty farebných odchýlok ΔE^*_{ab} , k orientácii môže preto poslúžiť Tabuľka 1.

Tabuľka 1 Hodnotenie rozdielu farieb.

Hodnota ΔE^*_{ab}	
0,5–2	Rozdiel vnímaný ako farebná zhoda.
2–4	Rozdiel farieb vnímateľný iba pri priamom porovnaní.
4–8	Rozdiel farieb vnímateľný i keď nie je možné priame porovnanie.
> 8	Výrazný rozdiel farieb.

2.6 Technické odporúčenia ASTM a ISO normy pre urýchlené starnutie

Tieto smernice obsahujú zoznam testovacích metód, postupov a špecifikácii, ktoré môžu byť použité pre testovanie a hodnotenie tlačových farieb, filmov farieb a substrátov použitých v ich výrobe¹⁶.

2.6.1 Štandardné postupy F 2366-05 pre určovanie relatívnej svetlostálosti inkjetových výtlačkov.

Tieto postupy obsahujú špecifické procedúry a testovacie podmienky, ktoré sú aplikovateľné pre expozíciu inkjetových výtlačkov xenónovou výbojkou. Expozícia je uskutočnená v zhode s postupmi G151 (Štandardný postup pre expozíciu nekovových materiálov v urýchlených testovacích zariadeniach, ktoré používajú laboratórne svetelné zdroje) a G155 (Štandardný postup pre činnosť xenónovej výbojky pre expozíciu nekovových materiálov). Zahrňujú tiež laboratórne urýchlené postupy určené k stanoveniu relatívnej svetlostálosti. Kritériami sú kolorimetrické zmeny a zmeny v optickej hustote. Tieto postupy sú užitočné k určovaniu relatívnej svetlostálosti série výtlačkov alebo popisu svetlostálosti výtlačkov, súčasne exponovaných s kontrolnými výtlačkami so známou svetlostálosťou.

Tento štandard sa nezameriava na všetky aspekty bezpečnosti. Za stanovenie primeranej bezpečnosti zodpovedajú užívatelia. V týchto postupoch sa používajú definície uvedené v G 113 (Štandardná terminológia vzťahujúca sa k prirodzeným a vykonštruovaným testom na zvetrávanie nekovových materiálov). V štandarde je definované, že substrátom k prijímaniu atramentov môže byť papier, plast, plátno, tkanina, alebo iné prístupné materiály. Substrát môže, ale nemusí byť natretý jednou alebo viacerými atramentovými prijímacími vrstvami.

Potlačené inkjetové média sú vystavené žiarivej energii z xenónovej výbojky s filtrom okenného skla. Dĺžka expozície sa môže rôzne meniť, v závislosti na svetlostálosti atramentu alebo média. V priebehu expozície sú periodicky hodnotené zmeny vo farbe a optickej hustote vytlačených vzoriek. Farebné zmeny sa určujú buď vizuálne, porovnávaním s neexponovaným súborom vzorky, alebo kolorimetricky, porovnávaním s východiskovou vzorkou, a posúdením farebnej odchýlky, ΔE^*_{ab} . Farebné zmeny série výtlačkov sú porovnané navzájom alebo sú porovnávané s kontrolnými výtlačkami, ktoré boli exponované v rovnakom čase a ich odolnosť v daných podmienkach je známa. Zmeny v optickej hustote sú určené denzitometricky a posúdené ako percento zostatkovej optickej hustoty. Expozícia môže pokračovať v presne stanovenej dĺžke, alebo do okamihu dosiahnutia predurčenej farebnej zmeny a zmeny v optickej hustote.

Svetlostálosť potlačeného inkjetového média v špecifikovanom časovom období súvisí s konečným použitím týchto materiálov. Je dôležité, aby svetlostálosť bola hodnotená v podmienkach zodpovedajúcich konečnej aplikácii. Tieto postupy sú určené k vyvolávaniu farebných zmien, ktoré môžu nastať v inkjetových výtlačkoch, pri vystavení žiareniu z denného svetla filtrovaného cez okenné sklo, simulovaním týchto podmienok.

Urýchlená procedúra zahrnutá v tomto postupe určuje spôsob pre rýchle hodnotenie relatívnej svetlostálosti v laboratórnych testovacích podmienkach. Postup neposkytuje hodnotenie svetlostálosti výtlačkov, ale určuje svetlostálosť usporiadanej sady výtlačkov, alebo ich porovnáva s kontrolnými výtlačkami so známou svetlostálosťou. Výsledky testov sú užitočné pre spresnenie požiadaviek medzi výrobcom a spotrebiteľom, pre kontrolu kvality, a pre výskum a vývoj produktov.

Farebné zmeny nemôžu byť lineárnou funkciou trvania expozície. Preferovanou metódou určovania účinku svetla, je vystaviť výtlačky mnohým intervalom a určiť expozičný čas potrebný k získaniu špecifickej farebnej zmeny alebo zmeny v optickej hustote.

Je zistené, že miera fotodegradácie inkjetových výtlačkov sa bude významne meniť následkom viacerých faktorov. Patrí medzi ne počiatočná optická hustota, potlačená plocha (plne vyfarbená plocha verzus rastrová), substrát, typ atramentu (farbivové verzus pigmentové atramenty), typ vrstvy a hrúbky náteru. Výsledky testov musia byť preto urobené individuálne pre každý tlačený substrát. Výsledky sú tiež ovplyvnené odchýlkami v expozičnom čase, teplote a vlhkosti.

Medzi zariadenia, ktoré sa používajú v týchto postupoch patrí xenónová výbojka s filtrom okenného skla, ktorý sa prispôbuje požiadavkám definovaným v postupoch G 151 a G 155. Ďalej sem patrí neizolovaný čierny panel termometra ako je opísané v ASTM G 151. Pre meranie farebných zmien sa používa vhodný spektrofotometer, spektrokolorimeter alebo kolorimeter a pre meranie zmien v optickej hustote sa využíva denzitometer. Spektrodenzitometer môže byť použitý pre meranie farby i pre meranie optickej hustoty.

Substrát, metóda tlače, znášanie zložiek atramentu, a zaobchádzanie s vytlačenými vzorkami by malo zodpovedať konečnému použitiu vzoriek. Testované obrázky môžu byť vytvorené počítačovým spracovaním textu, kreslením/graficky alebo rozvrhnutím strany softwarom. Následne sú uložené a skúšobne tlačené. Zhodnocuje sa vhodnosť atramentového znášania zložiek (čistota a množstvo) a ľahkosť tlače a testovania. Každý tlačený súbor by mal mať svoj názov, typ a verziu určenú v oblasti obrazu a miesto pre experimentálne poznámky (napr. čas, tlačiareň, okolité podmienky, operátor). Nastavenie tlačiarne a skúšobného výtlačku každej verzie tlačeného súboru by malo byť archivované.

Odporúčený testovaný obraz by mal obsahovať štandardizovanú zostavu farebných políčok, tlačených použitím súborov obsahujúcich vhodné nastavenie tlačiarne špecifické pre každú aplikáciu. Tento testovaný obraz môže zahŕňať farebné políčka s maximálnou hustotou tlače (100% plné) pre každú z primárnych farieb (azúrovú, purpurovú, žltú a čiernu), sekundárne farby (červená, zelená, modrá), a kompozitnú čiernu. Svetlostalosť sa môže meniť ako funkcia hustoty tlače, preto sú odporúčané pre test svetlostálosti políčka s nízkou optickou hustotou binárnych obrazov jednotlivých atramentov. Odporúča sa škála políčok s rôznou optickou hustotou (napr. 25, 50, 75 a 100% plošného krytia).

Pre vizuálnu skúšku, veľkosť vzorku udávaná v postupe D 1729 (Postupy pre vizuálne hodnotenie farieb a farebných odchýlok difúzne iluminovaných matných materiálov) je minimálne $3\frac{1}{2} \times 6\frac{1}{2}$ palcov. Pre prístrojové hodnotenie musí byť vzorka dostatočne veľká, aby obsahovala vzorkový otvor. Minimálna veľkosť vzorkou $1,25 \times 1,25$ palcov, je pre veľa zariadení dostatočná. Postup určuje, že je potrebné exponovať najmenej tri replikované vzorky každého testovacieho materiálu. Ak sa používa kontrolný materiál, je potrebné s ním urobiť tú istú procedúru.

Pre vizuálne hodnotiace testy sa neexponovaný súbor vzoriek položí vedľa replikovanej vzorky alebo sa odreže časť vhodnej veľkosti. Uskladnia sa v tme, na suchom mieste. Pre prístrojové hodnotiace testy je potrebné urobiť pred expozíciou kolorimetrické merania v dôležitej oblasti vzorku.

Testovanie výtlačkov na matných papieroch nevyžaduje podloženie materiálu a môžu byť testované v zhode s ich použitím. Diapozitívy by mali byť podložené bielym podložným materiálom. Priesvitné substráty by mali byť podložené difúznym čiernym materiálom

s obrazovou hustotou $1,5 \pm 0,2$ ako je opísané v ANSI IT2.17–1995 Annex A1 (Meranie hustoty – Časť 4: Geometrické podmienky pre reflexnú hustotu, podkladový materiál).

Je odporučené, aby vzorky boli upravované pri teplote $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ a 45% vlhkosti najmenej 24 h pred testovaním. Pri vzorkách by mala byť vizuálne kontrolovaná farebná jednotnosť a povrchová nepravidelnosť, ktoré môžu nepriaznivo ovplyvňovať meranie farby.

Postup G 155 vymenováva niekoľko expozičných cyklov, ktoré sú používané v expozícii nekovových materiálov xenónovou výbojkou. Používajú sa xenónové výbojky s filtrom okenného skla a fungujú v zhode s postupom G 155. Používa sa nasledovný expozičný cyklus:

Prístroj sa nastaví tak, aby bola hladina spektrálnej intenzity ožarovania udržiavaná na $0,35\text{ W m}^{-2}\text{ nm}^{-1}$ pri 340 nm. Nastavenia iných vlnových dĺžok alebo spektrálnych regiónov, aby poskytovali spektrálnu intenzitu ožarovania ekvivalentnú k 340 nm, sú: $0,90\text{ W m}^{-2}\text{ nm}^{-1}$ pri 420 nm; $42,3\text{ W m}^{-2}\text{ nm}^{-1}$ pri 300 až 400 nm; a $490\text{ W m}^{-2}\text{ nm}^{-1}$ pri 300 až 800 nm. Vzorky je potrebné exponovať 100% svetlom. Neizolovaný čierny teplotný panel by mal mať $63\text{ }^{\circ}\text{C}$. V prístrojoch, ktoré poskytujú kontrolu vlhkosti, je potrebné nastaviť relatívnu vlhkosť na 55 %. V prístrojoch, ktoré kontrolujú vzdušnú teplotu, je nevyhnutné nastaviť komoru vzdušnej teploty na $48\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Vzorky by mali byť uložené v expozičnej oblasti, v ktorej centre je osvetlenie najmenej 90 %. Pokiaľ nie je známe, že osvetlenie jednotne splňuje túto podmienku, použije sa jedna z procedúr opísaných v postupe G 151, aby bola zabezpečená rovnomernosť svetelnej expozície na všetky vzorky, alebo aby boli kompenzované rozdiely osvetlenia v expozičnej komore. Zariadenia by mali byť činné nepretržite. Ak je však potrebné prerušiť testovacie metódy, aby bola vykonaná rutinná údržba alebo inšpekcia, malo by sa to robiť počas doby sušenia.

Bezprostredne pred expozíciou je potrebné meranie všetkých testovaných vzoriek na spektrofotometri alebo spektrokolorimetri testovacou metódou E 1348 (Testovacie metódy pre transmitanciu a farebnosť s použitím spektrofotometrie s hemisférickou geometriou) alebo E 1349 (Testovacia metóda pre reflektančný faktor a farebnosť s použitím spektrofotometrie s dvojsmernou geometriou). Meranie sa môže uskutočniť aj kolorimetrom testovacou metódou E 1347 (Testovacia metóda pre farbu a farebné rozdiely merané trojzložkovou kolorimetriou). Všetky tri merania sa uskutočňujú použitím CIE 1964 (10°) doplnkového štandardného pozorovateľa a štandardného osvetlenia D_{65} . Z meraní sa vylučuje zrkadlový odraz.

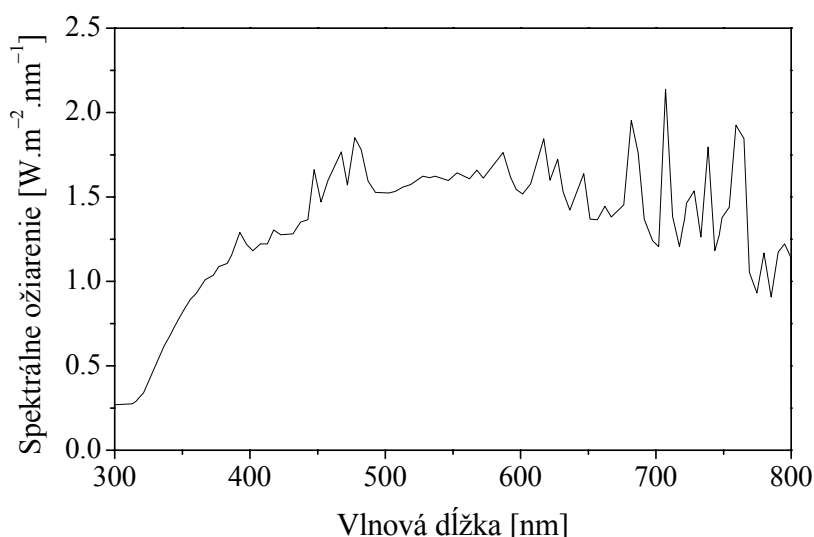
Zmeny exponovaných vzoriek vo farbe sa hodnotia buď vizuálne alebo kolorimetricky, v zhode s testovacími metódami D 1729 a D 3424 (Testovacie metódy pre hodnotenie relatívnej svetlostálosti a odolnosti voči zvetrávaniu potlačeného materiálu). Pre kolorimetrické hodnotenia, použitím CIE 1976 $L^*a^*b^*$ rovnice, opisovanej v testovacej metóde D 2244, sa vypočítajú ΔL^* , Δa^* , Δb^* , a ΔE^*_{ab} medzi každou exponovanou vzorkou a jej neexponovaným opakom.

Zmeny optickej hustoty sa hodnotia meraním pomocou ANSI/NAPM IT9.9-1996 (Stabilita farebných fotografických obrazov – metódy pre meranie), paragraf 3.3-3.6.

$$\% \text{ Zostatková optická hustota} = \frac{\text{Optická hustota po expozícii}}{\text{Optická hustota pred expozíciou}} \cdot 100$$

Protokol by mal obsahovať identifikáciu testovaných vzoriek a kontrolných vzoriek, vrátane metódy tlače, plošné krytie tlače (% výplne) a substrátu. Ďalej má zahrňovať typ

a model expozičného zariadenia, typ svetelného zdroja, typ a vek filtrov na začiatku expozície. Malo by byť určené, či počas doby expozície nastali nejaké zmeny filtra. Protokol má udávať uplynulý čas expozície. Ak je požadované, má tiež obsahovať procedúru zaručujúcu rovnosť svetelnej expozície na všetky vzorky alebo kompenzovanie rozdielu v testovacej komore. Protokol má tiež zahrňovať percentá zostatkovej optickej hustoty a výsledky z vizuálnej skúšky alebo hodnotenia kolorimetrických zmien podľa postupu D 1729 alebo testovacej metódy D 2244 (Testovacia metóda pre prepočet farebných tolerancií a rozdielov z prístrojových meraní farebných súradníc).



Obr. 15 Emisné spektrum xenónovej výbojky.

2.6.2 Štandardné testovacie metódy D 3424-01 pre hodnotenie relatívnej svetlostálosti tlačoviny a jej odolnosti voči zvetrávaniu.

Tieto testovacie metódy sa týkajú relatívnej svetlostálosti tlačoviny a odolnosti tlačoviny voči zvetrávaniu, pod nasledujúcimi siedmimi podmienkami. Dve z nich sa týkajú expozície prirodzeným denným svetlom a päť zahrňuje urýchlené procedúry v laboratóriu:

Testovacia metóda 1 – denné svetlo za okenným sklom,

Testovacia metóda 2 – vonkajšie zvetrávanie,

Testovacia metóda 3 – xenónová výbojka s okennými filtermi simulujúcimi denné svetlo za okenným sklom,

Testovacia metóda 4 – xenónová výbojka s vodným sprejom a filtermi denného svetla simulujúcimi vonkajšie zvetrávanie,

Testovacia metóda 5 – uzavretá uhlíková výbojka bez vodného spreju,

Testovacia metóda 6 – uzavretá uhlíková výbojka s vodným sprejom a

Testovacia metóda 7 – fluorescentné výbojkové zariadenia simulujúce fluorescentné osvetlenie v kombinácii s filtrovaním denného svetla cez okno.

Farebné zmeny spôsobené podmienkami expozície môžu byť vyhodnotené vizuálnou skúškou alebo kolorimetricky. Tieto testovacie metódy sú použiteľné k tlači na všedný substrát ako je papier, kartón, kovová podložka, kovová platňa a plastický film. Sú produkované rôznymi tlačiarenskými procesmi zahrňujúcimi kníhtlač, ofsetovú tlač, flexotlač, gravírovanie a serigrafiiu.

Definície týkajúce sa farebných atribútov a farebných odchýlok, sa nachádzajú v postupe D 1729 a testovacej metóde D 2244. Ďalšie používané termíny vyskytujúce sa v týchto testovacích metódach, sú definované v terminológii E 284 (Terminológia vzhľad).

Definícia dávky ožiarenia, H , n , hovorí, že ide o podiel časového integrálu intenzity osvetlenia v danom bode a špecifického časového intervalu. Dávka ožiarenia je zvyčajne spektrálna veličina, ktorej jednotkou je joule na meter štvorcový a nanometer [$\text{J m}^{-2} \text{ nm}^{-1}$]. Mala by byť špecifikovaná zahrnutá oblasť vlnovej dĺžky.

Ultrafialová dávka ožiarenia je definovaná ako časová integrácia ultrafialovej intenzity ožiarenia na exponovaný povrch vzorky. UV intenzita ožiarenia (vlnová dĺžka pod 400 nm) je považovaná za veľmi spoľahlivú pri degradácii organických materiálov. Jednotky sú J m^{-2} .

Tlačené testované a kontrolné vzorky sú súčasne exponované v podmienkach vhodných pre konečnú aplikáciu. Farebné zmeny exponovaných výtlačkov sú periodicky vizuálne alebo kolorimetricky hodnotené, buď vzhľadom k exponovanému kontrolnému vzorku, alebo k neexponovanému súboru vzoriek. Test je ukončený, keď je pevne stanovené, či je testovaný výtlačok rovnaký, lepší, alebo horší ako kontrolný.

Špecifická časová perióda svetlostálosti a odolnosti voči poveternostným podmienkam je vhodná pre určité typy tlačovín ako sú časopisy a knižné obaly, plagáty a billboardy, pohľadnice a obaly. Je dôležité, aby svetlostálosť bola stanovená v podmienkach vhodných ku koncovému použitiu, pretože schopnosť tlačoviny vydržať farebné zmeny je funkciou distribúcie spektrálnej energie svetelného zdroja, ktorým je exponovaná. Urýchlené postupy, ktoré sú zahrnuté v týchto testovacích metódach, poskytujú prostriedok pre rýchle vyhodnotenie svetlostálosti alebo odolnosti voči poveternosti v laboratórnych podmienkach. Výsledky testu sú užitočné pre spresnenie požiadaviek medzi výrobcom a spotrebiteľom a pre kontrolu kvality.

Xenónové výbojky s vhodným filtračným systémom vykazujú distribúciu spektrálnej energie, ktorá je bližšia dennému svetlu ako uhlíkovej výbojke. Naopak, môže byť očakávané, že urýchlené testy využívajúce xenónové výbojky lepšie korelujú s expozíciou k prirodzenému dennému svetlu ako k tomu, ktoré využívajú uhlíkové výbojky. Doba expozície je vyjadrená ako kumulatívna ultrafialová dávka ožiarenia radšej ako čas. Implikácia vhodnej kontrolnej vzorky slúži k minimalizovaniu efektov zmien v testovacích podmienkach. Kolorimetrické zmeny nie sú lineárnou funkciou doby expozície. Preferovanou metódou, ktorá určuje svetlostálosť alebo odolnosť voči poveternosti, je exponovať výtlačky v mnohých časových intervaloch a stanoviť dávku ožiarenia požadovanú k získaniu špecifických farebných odchýlok. Pre dané tlačové atramenty, je svetlostálosť a odolnosť voči poveternosti alebo odolnosť voči obom súčasne, závislá od typu substrátu, vrstvy filmu na výtlačku a charakteru tlače (plná plocha alebo raster). Preto je dôležité, aby typ testovaných a kontrolných vzoriek súhlasil s očakávaným výsledkom v použitých podmienkach.

Expozičné prístroje sú rozdelené podľa testovacích metód:

Testovacia metóda 1 Denné svetlo za okenným sklom – vonkajšia expozičná skrinka sa riadi Metódou A postupu G 24 (Postup pre vedenie expozícií denného svetla filtrovaného cez sklo). Skrinka je pokrytá okenným sklom, aby preniesla menej ako 3,5 % vlnovej dĺžky kratšej ako 310 nm. Príslušenstvo zahŕňa radiometer a registračný prístroj pre vlhkosť a teplotu.

Testovacia metóda 2 Vonkajšia poveternosť – vonkajší expozičný panel je zhodný s postupom G 7 (Postup pre atmosférickú okolitú expozíciu testovania nekovových

materiálov). Príslušenstvo je rovnaké ako v testovacej metóde 1. Je ešte pridané meradlo vlhkosti a zrážok.

Testovacia metóda 3 Xenónová výbojka s filtrami okenného skla – xenónové výbojky vybavené filtrami okenného skla, aby simulovali podmienky prirodzeného denného svetla filtrovaného cez okenné sklo, ako je stanovené v postupoch G 151 a G 155.

Testovacia metóda 4 Xenónová výbojka s filtrami denného svetla a vodným sprejom – xenónové výbojky vybavené filtrami denného svetla a vodným sprejom, aby simulovali vonkajšiu poveternosť ako je špecifikované v postupoch G 151 a G 155.

Testovacia metóda 5 a 6 Uzavretá uhlíková výbojka – prístroj uzavretej uhlíkovej výbojky sa zhoduje s postupmi G 151 a G 153 (Postup pre obsluhu vloženia uhlíkových výbojok pre expozíciu nekovových materiálov).

Testovacia metóda 7 Fluorescentné výbojkové zariadenia – expozičná skrinka sa zhoduje s testovacou metódou D 4674 (Testovacia metóda pre urýchlené testy farebnej stability exponovaných plastov vnútorným fluorescentným osvetlením a oknom filtrovaným denným svetlom). Skrinka je zhotovená z UV odrážajúceho hliníka s čistým chrómovým konverzným náterom, a svetelný zdroj je kombináciou veľmi chladných bielych žiaroviek vysokého výkonu a sodnovápenatého skla, filtrovaných UV žiarivkami. Do príslušenstva je tiež zahrnutý širokopásmový detektor a zariadenie snímajúce teplotu.

Medzi materiály používané v týchto postupoch patria kontrolné štandardy, montážne materiály, maskovacie materiály, nepotlačené ako i podložné materiály. Ako kontrolné (referenčné štandardy), sa používajú tlačené vzorky so známou svetlostálosťou alebo odolnosťou voči poveternosti, alebo, AATCC modré vlnené svetlostále štandardy v zhode s postupom G 151. Montážnym materiálom môže byť ľahký štítkový kartón, na ktorom sú počas expozičných testov umiestnené nestabilné vzorky (papier, plast, alebo fólia). Používaným maskovacím materiálom je biely štítkový kartón, hliníková fólia, alebo iný nepriehľadný materiál s povrchom neodrážajúcim UV. Nepotlačený materiál, sa zhoduje s materiálom používaným na tlačenie vzoriek. Podložným materiálom, (používa sa počas prístrojových meraní priehľadných vzoriek), sú hárky nepotlačeného materiálu, štandardný biely materiál, alebo náhradný kalibračný štandard.

Tieto testovacie metódy nezahrňujú prípravu potlačených vzoriek. Testovaný výtlačok by sa mal zhodovať s kontrolným výtlačkom vo farbe, substráte, oblasti tlače a atramentovej filmovej vrstve. Malo by byť prospešné, zahrnúť do expozičných testov i nepotlačený substrát a spojivo výtlačku, ako i stanoviť podiel žltnutia papiera alebo spojiva k farebným zmenám. Najmenej dva vzorky v každej sade musia byť vystavené testovacím podmienkam. Testované vzorky by mali mať rovnakú farbu, lesk a štruktúru. Je veľmi dôležité, aby boli čisté a bez odtlačkov prstov.

Pre vizuálne hodnotenie, je veľkosť vzorky minimálne 90 × 165 mm, ako je udávané v postupe D 1729. Pre prístrojové hodnotenie, musí byť vzorka väčšia, pretože musí zahrňovať otvor vzorky; minimálna veľkosť 35 mm², je dostatočná pre mnoho prístrojov. V prípade vzoriek určených pre expozíciu xenónovými alebo uhlíkovými výbojkami, by mali mať vzorky dostačujúci rozmer, aby boli umiestnené v držiaku na vzorky.

Súbor vzoriek sa pripravuje dvoma spôsobmi. Pre vizuálne hodnotiace testy, položiť vedľa replikovaného výtlačku alebo odrezať časť vhodnej veľkosti; uskladniť na tmavom a suchom mieste. Pre prístrojové hodnotiace testy, urobiť kolorimetrické meranie na dôležitej oblasti vzorku pred expozíciou. Nestabilné vzorky sa umiestňujú na štítkový kartón. Vzorky určené

pre expozíciu xenónovou výbojkou alebo uhlíkovou výbojkou je potrebné umiestniť v držiakoch.

Testované vzorky je potrebné exponovať v prístrojoch súčasne s kontrolnými vzorkami, a v podmienkach dohodnutých medzi výrobcom a spotrebiteľom. Keď podmienky nie sú špecifikované, používajú sa nasledujúce smernice:

Testovacia metóda 1 Denné svetlo za okenným sklom

Bežné komerčné expozičné oblasti sú južná Florida (vysoká oblasť vlhkosti) a Arizona (nízka oblasť vlhkosti). Testované a kontrolné vzorky sa umiestnia pod sklo, na otvorené panely pod uhlom 45° smerom k rovníku. Pri tejto testovacej metóde je nutné sledovať kumulatívnu ultrafialovú dávku ožiarenia oknom filtrovaného denného svetla, relatívnu vlhkosť a vzdušnú teplotu v zhode s postupom G 24.

Testovacia metóda 2 Vonkajšie zvetrávanie

Komerčné expozičné oblasti sú opäť Florida a Arizona. Testované a kontrolné vzorky sa umiestnia na panel pokrytý nenamaľovanou preglejkou pod uhlom 45° smerom k rovníku. Aj tu je potrebné sledovať ultrafialovú dávku ožiarenia, relatívnu vlhkosť a vzdušnú teplotu, hodiny vlhnutia a celkové zrážky v zhode s postupom G 7.

Testovacia metóda 3 Xenónová výbojka s okennými filtrami simulujúcimi denné svetlo za okenným sklom

Xenónová výbojka s filtračným systémom okenného skla sa nastaví tak, aby fungovala v zhode postupmi G 151 a G 155. Pokiaľ nie je inak špecifikované, použijú sa nasledujúce expozičné cykly:

Vzorky sa exponujú 100% svetlom. Nastaví sa hladina spektrálnej intenzity ožarovania $0,35 \text{ W m}^{-2} \text{ nm}^{-1}$ alebo vyššia, pri 340 nm s odchýlkou $\pm 0,02 \text{ W m}^{-2} \text{ nm}^{-1}$. Berie sa do úvahy výrobca pre rovnaké hodnoty 300 až 400 nm alebo 300 až 800 nm širokého energetického pásu svetelného prúdu a toleranciu aplikovať k špecifickému vybaveniu, pre ktoré je to potrebné. Nastaví sa teplota neizolovaného čierneho panelu na $63 \pm 3^\circ \text{C}$ a v zariadení, ktoré je schopné kontrolovať vlhkosť, relatívnu vlhkosť na $40 \pm 5\%$. Vyplní sa panel vložením testovaných a kontrolných vzoriek tak, aby ležali oproti lampe. Je nevyhnutné kontrolovať kumulatívnu dávku ožiarenia buď v úzkych alebo širokých energetických pásoch oblastiach. Vzorky sa ukladajú za špecifické intervaly v zhode s postupmi G 151 a G 155.

Testovacia metóda 4 Xenónová výbojka s vodným sprejom a filtrami denného svetla simulujúcimi vonkajšie zvetrávanie

Nainštaluje sa xenónová výbojka so systémom filtrujúcim denné svetlo v zhode s postupmi G 151 a G 155. Ak nie je špecifikované inak, použijú sa nasledujúce expozičné cykly:

Použije sa cyklus 102 min svetla. Po nich nasleduje 18 min svetla a vodného spreja. Hladina spektrálnej intenzity ožarovania sa nastaví k minimu $0,40 \text{ W m}^{-2} \text{ nm}^{-1}$ pri 340 nm s odchýlkou $\pm 0,02 \text{ W m}^{-2} \text{ nm}^{-1}$. Berie sa do úvahy výrobca pre rovnaké hodnoty 300 až 400 nm alebo 300 až 800 nm. Nastaví sa teplota neizolovaného čierneho panelu na $63 \pm 3^\circ \text{C}$. V zariadení, ktoré je schopné kontrolovať vlhkosť, sa nastaví relatívna vlhkosť na $40 \pm 5\%$. Ďalej je postup zhodný, ako v testovacej metóde 3.

Testovacia metóda 5 Uzavretá uhlíková výbojka bez vodného spreju

Nastaví sa uhlíková výbojka tak, aby fungovala v zhode s postupmi G 151 a G 153. Ak nie je špecifikované inak, použijú sa nasledujúce expozičné cykly:

Vzorky sa exponujú 100% svetlom. Nastaví sa teplota neizolovaného čierneho panelu na $63 \pm 3^\circ \text{C}$ a v zariadení, ktoré je schopné kontrolovať vlhkosť, relatívnu vlhkosť na $40 \pm 5\%$. Vyplní sa panel vložením testovaných a kontrolných vzoriek tak, aby ležali oproti

lampe. Vložia sa nové uhlíky a guľa sa čistí po každých 20 až 22 h činnosti. Vzorky sa ukladajú denne v zhode s postupmi G 151 a G 153.

Testovacia metóda 6 Uzavretá uhlíková výbojka s vodným sprejom

Nastaví sa uhlíková výbojka tak, aby fungovala v zhode s postupmi G 151 a G 153. Ak nie je špecifikované inak, použijú sa nasledujúce expozičné cykly:

Vzorky sa exponujú cyklom 102 min svetla, ktoré sa striedajú s 18 min svetla a vodného spreja. Teplota neizolovaného čierneho panelu sa nastaví na 63 ± 3 °C. V zariadení, ktoré je schopné kontrolovať vlhkosť, sa nastaví relatívna vlhkosť na 40 ± 5 %. Ďalej je postup zhodný ako v testovacej metóde 5.

Testovacia metóda 7 Fluorescentné výbojkové zariadenia

Naložia sa vzorkové zásobníky a uskutoční sa ďalší krok v zhode s testovacou metódou D 4674. Vyberie sa ultrafialová aktinická hodnota rovná 1000 W h m^{-2} pre vzorky s veľmi nízkou svetlostálosťou a 2000 pre vzorky primerane dobrej svetlostálosti. Vzorky sa premiestnia v zhode s testovacou metódou D 4674 v časových intervaloch rovných 25 ± 5 % z celkového trvania testu.

Po exponovaní nasledujú vyhodnotenia exponovaných vzoriek:

Po jednom alebo viacerých vzájomne súhlasných intervaloch, sa odstránia testované vzorky z expozičných zariadení, a urobia sa vizuálne alebo prístrojové hodnotenia. Ak je na základe získaných výsledkov požadovaná ďalšia expozícia, je nutné vrátiť vzorku do zariadení v striedavom poradí. Expozičné intervaly môžu byť buď špecifická dĺžka času, špecifická dĺžka ultrafialovej dávky ožiarenia, alebo množstvo intervalov (časových, alebo ultrafialovej dávky ožiarenia). Ich dĺžka závisí od stanovenia, či je testovaná vzorka po rovnakých expozičných periódach rovnaká, lepšia alebo horšia ako kontrolná vzorka, alebo sú založené na požadovaných dĺžkach expozícií, ktoré sú nevyhnutné k vytvoreniu vopred určenej farebnej zmeny v každej vzorke.

Pri vizuálnom hodnotení, za účelom uľahčenia priameho porovnania, môže byť nevyhnutné aby boli odstrihnuté nepotlačené papierové okraje a neexponované časti výtlačkov, na dlhšej strane exponovaných vzoriek. Použitím štandardného denného svetla, najlepšie svetelného zdroja D_{50} špecifikovaného v ANSI pH 2,30, sa vyskúšajú vzorky v zhode s postupom D 1729. Ďalej sa porovnávajú exponované vzorky s exponovanou kontrolnou vzorkou a neexponovaným súborom vzoriek. Ak je použitá škála sivej, ďalej sa postupuje ako je uvedené v testovacej metóde D 2616. Ak sa dá farebná odchýlka rozpoznať, zaznamenať druh farebnej zmeny v zhode s postupom D 1729, napríklad, meniť na svetlejšie, tmavšie, červenšie, modrejšie alebo žltšie.

Pre prístrojové hodnotenia je potrebné nastaviť spektrofotometer alebo kolorimeter na najväčšiu oblasť záberu alebo intenzity osvetlenia, kde môžu byť umiestnené príslušné vzorky, a štandardizovať podľa testovacích metód E 1331, E 1347 alebo E 1349. Ak testovaný substrát nie je kompletne nepriehľadný, pripraví sa podložný materiál (buď hárky nepotlačeného materiálu, štandardný biely materiál, alebo náhradný kalibračný štandard). Následne sa urobia merania podľa predpísaných testovacích metód E 1331, E 1347 alebo E 1349 použitím buď *CIE* 1964 (10°) doplnkového štandardného pozorovateľa a štandardnej intenzity osvetlenia D_{65} alebo *CIE* 1931 (2°) štandardného pozorovateľa s štandardnou intenzitou osvetlenia C. Urobia sa merania na každej testovanej a kontrolnej vzorke pred expozíciou a po každej expozícií. A tiež sa urobia minimálne tri merania na vzorke, posunom alebo rotáciou vzorky medzi meraniami. Používaním *CIE* $L^*a^*b^*$ rovníc opísaných

v testovacej metóde D 2244, sa vypočítajú ΔL^* , Δa^* , Δb^* a ΔE^*_{ab} medzi každou exponovanou vzorkou a jej súborom (neexponovaných doplnkov).

Medzi nepovinné údaje prístrojového hodnotenia sa zaraďuje grafické vyhodnotenie ΔE^*_{ab} alebo iných špecifických parametrov farebnej odchýlky a časovej alebo kumulatívnej ultrafialovej dávky ožiarenia. Určuje sa interpoláciou doby požadovanej k získaniu špecifickej hladiny farebnej odchýlky. Tento prístup umožňuje určiť mieru farebnej zmeny, a aby bola svetlostálosť alebo odolnosť voči poveternosti analyzovaná dôkladnejšie, ako v testoch založených na jednoduchej trvanlivosti.

Protokol by mal obsahovať identifikáciu testovanej aj kontrolnej vzorky. Identifikácia zahŕňa metódu tlače, oblasť tlače a substrát. Ďalšími informáciami zahrnutými v protokole sú expozičné zariadenia a podmienky. Ak je používaný rádiometer, je potrebné uviesť i vlnové dĺžky svetla, ktoré bolo monitorované. Protokol okrem toho obsahuje i postup pre hodnotenie farebných zmien (či boli hodnotené vizuálne alebo prístrojovo) a tiež vyhodnotenie testovaných vzoriek. Je nutné popísať, či boli testované vzorky rovnaké, lepšie alebo horšie ako kontrolné vzorky.

3 EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

3.1 Použité zariadenia a chemikálie

3.1.1 Zariadenie a vybavenie laboratória

- Spektrofotometer Gretag MacBeth Spectrolino
- Epson Stylus Photo R220
- Digitálny multimeter UT70B
- Svetelný senzor, TSL235, TAOS
- UV-meter Luton 340

3.1.2 Chemikálie a atramenty

- Farbivové atramenty, MIS Associates, Inc:
Black ESC-R200-4-K (MIS Dyebase)
Cyan ESC-R200-4-C (MIS Dyebase)
Light Cyan ESC-R200-4-LC (MIS Dyebase)
Magenta ESC-R200-4-M (MIS Dyebase)
Light Magenta ESC-R200-4-LM (MIS Dyebase)
Yellow ESC-R200-4-Y (MIS Dyebase)

3.1.3 Použitý software

- Microsoft[®] Office Word 2003
- Microsoft[®] Office Excel 2003
- Gretag Macbeth[™] KeyWizard 2.5

3.1.4 Použité papiere

- Epson Premium Glossy, 255 g m⁻²
- Foma 1224, 120 g m⁻²
- Foma 1224, 170 g m⁻²
- Epson Archival Matt, 192 g m⁻²
- Ilford Gallerie Classic Gloss, 290 g m⁻²
- Ilford Gallerie Smooth Gloss, 290 g m⁻²
- Ilford Gallerie Smooth Pearl, 290 g m⁻²
- Chagall Biely, 260 g m⁻²

3.2 Príprava vzoriek

Boli pripravené targety pre dlhodobý test štúdia starnutia atramentovej tlače v prírodných podmienkach (Obr. 17). Targety boli vytlačené tlačiarňou Epson Stylus Photo R220 na média uvedené v odseku 3.1.4 atramentmi uvedenými v odseku 3.1.2. Potom boli výťažky adjustované do obrazových rámov, do ktorých bol umiestnený svetelný senzor zapojený na digitálny multimeter. Rámy boli umiestnené v slnečnej chodbe (Obr. 16). Dáta frekvencie korešpondujúcej s intenzitou ožiarenia boli trvalo zberané do PC.



Obr. 16 Testovacie targety v rámoch umiestnených na stene slnečnej chodby spolu so senzorom intenzity ožiarenia.

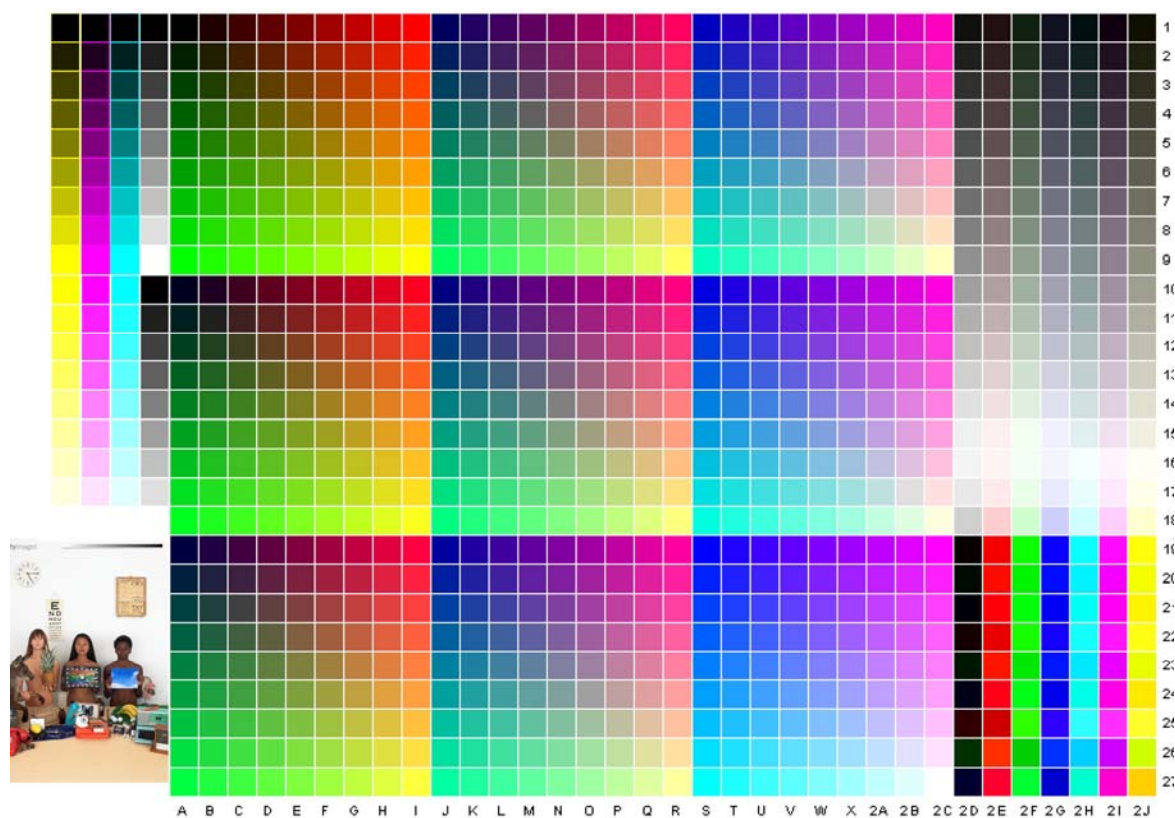
4 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Svetelný senzor nebol doposiaľ kalibrovaný, preto dáta o intenzite ožiarenia neboli k dispozícii. Preto bola intenzita ožiarenia zmeraná UV metrom. Priemerná intenzita ožiarenia v rovine rámu bola 500 mW m^{-2} v oblasti 290–390 nm.

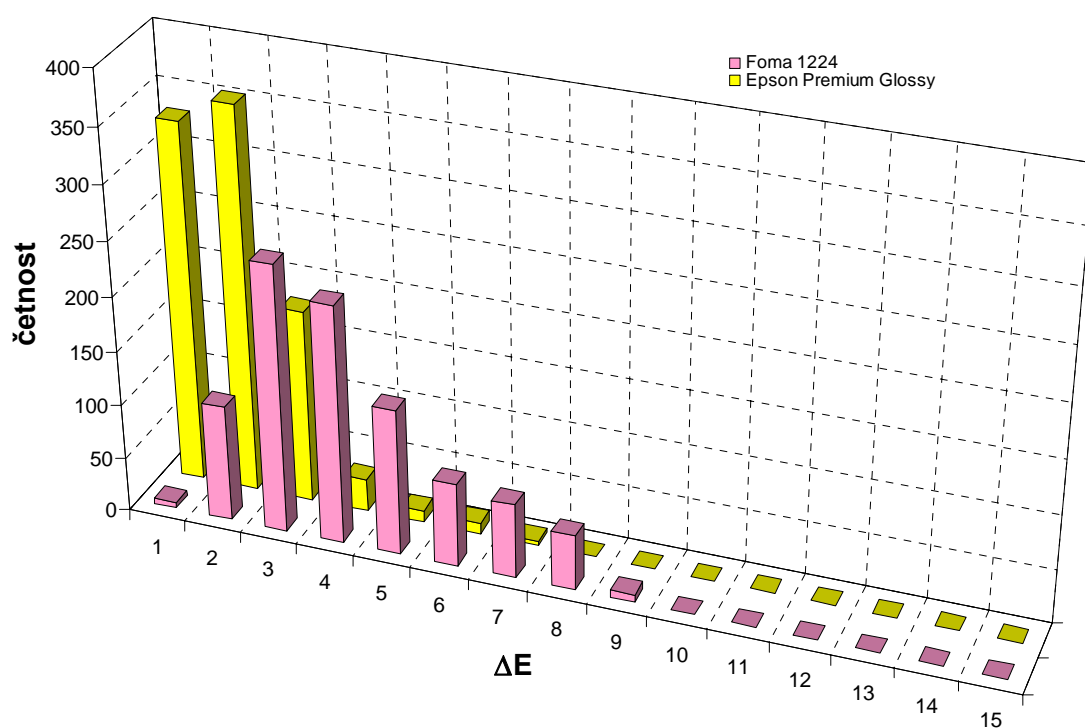
Po 20 dňoch boli spektrofotometrom Gretag MacBeth Spectrolino odmerané testovacie targety na papieroch Foma 1224 a Epson Premium Glossy. Na všetkých 990 políčkach targetu boli merané $L^*a^*b^*$ hodnoty a odrazové spektrá. Pretože sa jedná o dlhodobý test, výsledky zatiaľ neboli kompletne hodnotené.

Na obrázku Obr. 18 je vidieť, že na papieri Foma 1224 boli najpočetnejšie políčka s farebnými odchýlkami ΔE^*_{ab} 2 až 5. Naopak na papieri Epson Premium Glossy boli najviac početné políčka s farebnými odchýlkami ΔE^*_{ab} 1 až 2. Je to vidieť i na mapách farebných odchýlok pre oba typy papierov (Obr. 19 a Obr. 20), kde sú farebne vyznačené hodnoty ΔE^*_{ab} jednotlivých políčok. Najmä z týchto máp je zjavné, že atramenty vytlačené na papieri Foma 1224 podliehajú svetelnej degradácii rýchlejšie, ako atramenty vytlačené na papieri Epson Premium Glossy.

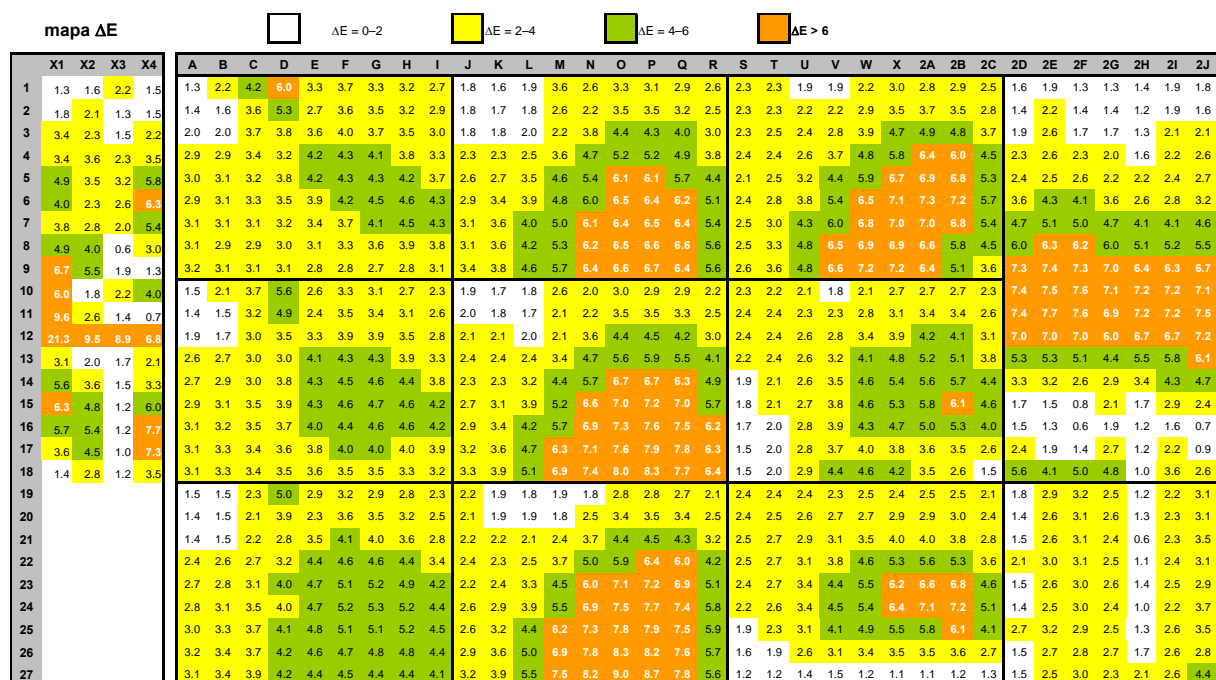
Všetky vzorky dlhodobého testu budú pravidelne merané spektrofotometrom a predpokladám, že budú za popísaných podmienok vystavené aspoň 1 rok. Dáta z tohto dlhodobého testu budú experimentálnym základom mojej budúcej diplomovej práce.



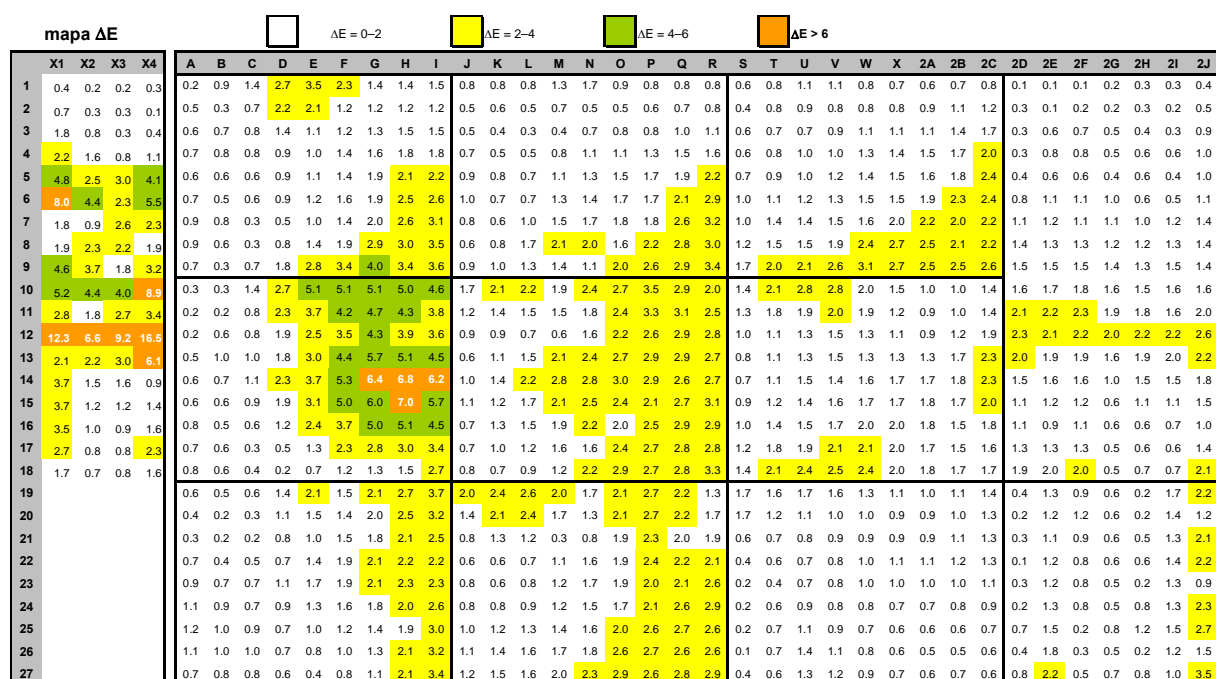
Obr. 17 Testovací target tlačený na rôzne druhy papierov za účelom štúdia starnutia atramentovej tlače.



Obr. 18 Početnosť farebných odchýlok na papieroch Foma 1224 a Epson Premium Glossy po expozícii 20 dní.



Obr. 19 Farebné odchýlky na papieri Foma 1224 po 20 dňoch expozície.



5 ZÁVER

Stabilita výtlačkov závisí od mnohých faktorov. Okrem iného sem patrí technika tlače. Oveľa viac sú však výtlačky ovplyvnené druhom prijímacej vrstvy a druhmi atramentov. Jednoznačne najväčší vplyv na ich stabilitu má svetlo, ktoré spôsobuje rýchlu degradáciu atramentových výtlačkov. Táto bakalárska práca poukazuje na vzájomné interakcie atramentov s prijímacími vrstvami i na blednutie atramentov. Sú tu tiež uvedené technické odporúčenia a ASTM normy pre urýchlené starnutie.

Uskutočňuje sa dlhodobý test, kde sa sleduje vplyv svetla na rýchlosť degradácie atramentových výtlačkov na rôznych druhoch papierov. V tejto bakalárskej práci je zhodnotená stálosť farbivových atramentov na papieroch Foma 1224 a Epson Premium Glossy. Výsledky boli odmerané a zhodnotené po 20 dňoch expozície týchto inkjetových výtlačkov. Z doterajších experimentálnych meraní bolo zistené, že atramenty vytlačené na papieri Epson Premium Glossy sú na svetle oveľa stabilnejšie ako atramenty vytlačené na papieri Foma 1224. Ostatné druhy papierov sú predmetom štúdia dlhodobého starnutia. Budú priebežne vyhodnocované a výsledky z týchto meraní budú následne uvedené v mojej diplomovej práci.

6 ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- ¹ Veselý, M., Dzik, P., Stančík, J.: UV Absorbers in Layers Designed for Inkjet Printing. *Sborník přednášek VIII. Polygrafického semináře (Seminar in Graphic Arts)*, Pardubice: Univerzita Pardubice, 2007, s. 138–142. ISBN 978-80-7194-991-6.
- ² Dzik, P., Veselý, M.: Inkoustový tisk – současný stav, možnosti a trendy. *Sborník přednášek VII. Polygrafického semináře*, Pardubice: Univerzita Pardubice, 2003, s. 80–88. ISBN 80-7194-793-8.
- ³ Kipphan, H.: Handbook of Print Media. *Technologies and Production Methods*. Springer, Německo, 2001, s. 711–730. ISBN 3-540-67326-1.
- ⁴ Thoma, P.: Ink-jetový digitální tisk. *Svět tisku*, 2006, č. 5, s.40–41.
- ⁵ Dzik, P., Veselý, M.: Problematika archivní stálosti inkoustového tisku. *Sborník přednášek VIII. Polygrafického semináře (Seminar in Graphic Arts)*, Pardubice: Univerzita Pardubice, 2007, s. 70 – 76. ISBN 978-80-7194-991-6.
- ⁶ Barcock, R. A.; Lavery, A. J.: Ozone Degradation of Ink Jet Photoquality Images. *Journal of Imaging Science and Technology*. 2004, vol. 48, no. 2, s. 153–159.
- ⁷ Panák, J., Čeppan, M., Dvonka, V., Karpinský, L. , Kordoš, P., Mikula, M., Jakucewicz, S.: Polygrafické minimum. 2. vyd. *TYPOSET, Bratislava 2000*. s. 165–170. ISBN 80-967811-3-8..
- ⁸ Lavery A.: The environmental stability of digital photopapers. *The Imaging Science Journal*. 2002, vol. 50, s. 125–132
- ⁹ Gregory, P.: Digital photography. *Optics & Laser Technology* 38. 2006. pp. 306–314.
- ¹⁰ Lavery, A., Provost, J.: The Influence of Media on the Light Fastness of Ink Jet Prints. *International Conference on Digital Printing Technologies*. 1998, s. 123–128.
- ¹¹ Feller, L. R.: *Accelerated ageing: photochemical and thermal aspects*. Michigan: The J. Paul Getty Trust, 1994. 200 p. ISBN 0-89236-125-5.
- ¹² Avecia, W. P.: Issues in Ink Jet Image Stability. *International Conference on Digital Printing Technologies*. 2000, s. 86–89.
- ¹³ http://www.printing.cz/art/colormanagement/barvy_a_modely.html [cit. 16.3.2008]
- ¹⁴ Veselý, M., Králová, I., Dzik, P., Zita, J.: *Vnímaní barev a jejich měření*. VUT v Brně, Chemická fakulta, Ústav fyzikální a spotřební chemie.
- ¹⁵ http://www2.sapdesignguild.org/resources/glossary_color/index1.html [cit. 8.4.2008]
- ¹⁶ ASTM D 5010 – 05, ASTM International, USA

7 ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV

<i>AATCC</i>	American Association of Textile Chemists and Colorists
a^*, b^*	Súradnice chromatickej roviny farebného priestoru 1979 CIE L*a*b*
<i>ASTM</i>	Americká spoločnosť pre skúšanie materiálov
<i>C</i>	Azúrový atrament
<i>CI</i>	Označenie hlavného katalógového čísla farbiva
<i>CIE</i>	Medzinárodná komisia pre osvetlenie
<i>CS</i>	Tlačová technika continual stream
D_{50}	Denné svetlo s teplotou chromatičnosti 5000 K
D_{65}	Denné svetlo s teplotou chromatičnosti 6500 K
<i>DOD</i>	Tlačová technika drop on demand
ΔE^*_{ab}	Rozdiel farieb
<i>H</i>	Dávka ožiarenia
<i>RC</i>	Papier obojstranne potiahnutý vrstvičkou polyetylénu
<i>K</i>	Čierny atrament
<i>K</i>	Normalizačná konštanta
λ	Vlnová dĺžka
L^*	Merná svetlosť
<i>M</i>	Purpurový atrament
$R(\lambda)$	Spektrálna reflektancia
u^*, v^*	Súradnice chromatickej roviny farebného priestoru 1979 CIE L*u*v*
<i>UV</i>	Ultrafialové
<i>X, Y, Z</i>	Trichromatické zložky červené, zelené a modré
x, y, z	Trichromatické súradnice červené, zelené a modré
$\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$	Trichromatické členiteľa pre červenú, zelenú a modrú farbu
$\bar{x}_{10}, \bar{y}_{10}, \bar{z}_{10}$	Trichromatické členiteľa pre červenú, zelenú a modrú farbu pre 10° štandardného pozorovateľa
<i>Y</i>	Žltý atrament
$\Phi^0(\lambda)$	Spektrálna distribúcia osvetlenia